

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO – CAMPUS SUR**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE  
SENSORES WSN EN EL PATIO DE TANQUES EN LA EMPRESA  
PETROLERA “GRUPO SYNERGY E & P ECUADOR”.**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**AUTOR/A (S):  
GUERRERO GAONA ANA LUCÍA  
RUIZ RUIZ EDGAR MARCELO**

**DIRECTOR/A: RAFAEL JAYA**

**Quito, Mayo 2013**

## **DECLARATORIA**

Nosotros, Guerrero Gaona Ana Lucía, Ruiz Ruiz Edgar Marcelo, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Guerrero Gaona Ana Lucía

---

Ruiz Ruiz Edgar Marcelo

## **DEDICATORIA**

### **A mis familiares.**

En especial a mi Dios y a mi hermosa familia por ser el eje con el cuál inicio cada una de mis metas y objetivos por esa gran lucha interna por seguir en pie, cada vez más fuerte sin dejar la humildad , pero en especial plasmaré a mis cinco personas especiales mi hermana Magalitude la cual aprendí a sonreír sin importar mis; a mi Mamita preciosa, a mi Papito, a mí hermano que cada día está más y más grande y a ese ser que llego sin pensarlo pero está plasmando su nombre en cada momento de mi vida a tí futuro esposo David y sin olvidar a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

¡Gracias a ustedes!

## **RESUMEN**

Las redes de sensores han sido tradicionalmente medir niveles de temperatura, líquido, humedad etc. La diferencia entre estos sensores que se conoce y la nueva generación de redes WSN – (Redes de Sensores Inalámbricas), es que estas últimas son inteligentes, capaces de poner en marcha una acción según la información que vayan acumulando y, además, no están limitados por su conexión a través de un cable e incluso pueden ser móviles.

El presente trabajo pretende dar a conocer los componentes, características, arquitecturas y principales aplicaciones de las WSN - Redes de Sensores Inalámbricas; la disponibilidad de micro controladores y comunicaciones inalámbricas de baja potencia está permitiendo el despliegue de redes de sensores/actuadores con una alta densidad de distribución y para una multitud de aplicaciones que van desde las puramente biológicas a las de monitorización medioambiental, tanto en tierra, mar y en la atmósfera.

La acción de monitorear cambios físicos, químicos o ambientales es muy común en nuestra vida cotidiana, por esta razón el integrarlos a la seguridad de una red WSN garantiza una mayor disponibilidad de monitoreo y gestión observando en tiempo real de la información transmitida por sensores tales como detectores de humedad, nivel, temperatura, ultrasonido, etc.

## INTRODUCCIÓN.

Para la consecución y desarrollo del proyecto, Análisis, diseño y simulación de una red inalámbrica de sensores Wsn en el patio de tanques en la empresa petrolera “GRUPO SYNERGY E & P ECUADOR”, en la parte literaria, se utilizó el método de investigación de campo abierto, se dividió en cuatro capítulos, que a continuación se resumen brevemente cada uno de los capítulos.

En el capítulo I, se describe el interés del tema del proyecto sus alcances, objetivos aspectos relevantes sobre la empresa en la cual se desarrolla la investigación en tema de infraestructura, se observa también la historia, marcos estratégicos como la estructura organizacional, misión, visión, los bloques de operación, la historia, forma estructural, organizacional de la empresa, es decir un enfoque global del proyecto con la parte de la empresa SINERGY.

En el capítulo II, se realiza un resumen del sustento teórico, el mismo que, servirá como base para la finalización del proyecto algunos de los conceptos que se exponen son: conceptos teóricos sobre el tipo tecnologías de las redes de sensores inalámbricas, microcontroladores, tipos sensores, las diferentes bandas en las que trabaja la emisión de los datos censados, protocolos, motes además se describe los sensores que permiten monitorear los diferentes comportamientos, para de esta manera conseguir la integración de los diferentes componentes en una red de sensores WSN.

En el capítulo III, se enfoca en el análisis de los requerimientos y recursos tanto en Hardware como en Software necesario para el diseño del prototipo. Se realiza propiamente el diseño en base a lo analizado en el capítulo III.

En el capítulo IV, se presentará el diseño de hardware bajo los criterios establecidos, que se calificaron en el capítulo anterior iniciando desde la elaboración del esquemático hasta culminar con la elaboración de la placa del prototipo para la red WSN, así mismo, se describirá el diseño del software tanto para el microcontrolador como para la interfaz de computadora.

En el capítulo V, se describe las pruebas y resultados del prototipo, así como, algunos datos de realce obtenidos. Finalmente, se transcriben las conclusiones y recomendaciones del proyecto como tal.

## Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>12</b>
1.1. OBJETIVOS.....	13
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	14
1.3. ALCANCE DEL PROYECTO.....	14
1.4. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA A ESTUDIAR.....	15
1.5. MARCO ESTRATÉGICO.....	16
<b>EL ENTORNO EMPRESARIAL SIGNIFICA PRODUCTOS HOMOGÉNEOS Y SERVICIOS CON POCO MARGEN PARA LA DIFERENCIACIÓN DE OFERTA Y DEMANDA, SUPERIOR, CLIENTES MÁS INFORMADOS, LA ECONOMÍA DE LIBRE MERCADO, EL COMERCIO ELECTRÓNICO, MERCADOS ALTAMENTE COMPETITIVOS, EL ALTO COSTO DE HACER NEGOCIOS, Y MENORES MÁRGENES DE BENEFICIO.</b>	<b>16</b>
1.6. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	17
<b>LOS ANÁLISIS PVT SE LLEVAN A CABO CON EL PROPÓSITO DE ANALIZAR LOS YACIMIENTOS, PARTIENDO DE LOS RESULTADOS DE ESTOS ESTUDIOS, DETERMINAR LOS DIVERSOS PARÁMETROS Y METODOLOGÍAS QUE SE DESARROLLARÁN PARA PONER A PRODUCIR EL YACIMIENTO.....</b>	<b>17</b>
<b>ESPECÍFICA LOS REQUISITOS PARA UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD (SGC) QUE PUEDEN UTILIZARSE PARA SU APLICACIÓN INTERNA POR LAS ORGANIZACIONES, SIN IMPORTAR SI EL PRODUCTO O SERVICIO LO BRINDA UNA ORGANIZACIÓN PÚBLICA O EMPRESA PRIVADA, CUALQUIERA SEA SU TAMAÑO, PARA SU CERTIFICACIÓN O CON FINES CONTRACTUALES.....</b>	<b>18</b>
1.7. VISIÓN Y MISIÓN.....	19
1.8. OBJETIVOS DE LA EMPRESA.....	20
1.9. ORGANIGRAMA FUNCIONAL.....	20
1.10. ANÁLISIS FODA.....	22
<b>ES UNA METODOLOGÍA DE ESTUDIO DE LA SITUACIÓN DE UNA EMPRESA O UN PROYECTO, ANALIZANDO SUS CARACTERÍSTICAS INTERNAS (DEBILIDADES Y FORTALEZAS) Y SU SITUACIÓN EXTERNA (AMENAZAS Y OPORTUNIDADES) EN UNA MATRIZ CUADRADA.....</b>	<b>22</b>
<b>DEL LATÍN PONDERATÍO, LA PONDERACIÓN EN TÉRMINOS GENERALES ES EL PESO O LA RELEVANCIA QUE TIENE ALGO.</b>	<b>23</b>
1.11. MATRIZ ANÁLISIS FODA.....	24
<b>2. RED INALÁMBRICA DE SENSORES.....</b>	<b>25</b>
2.1. APLICACIONES EN LA INDUSTRIA PETROLERA.....	25
<b>UNIDAD DE CONTROL CERTIFICADA PARA ÁREAS SEGURAS, ATEX CATEGORÍA 3 Y FM CLASE 1, DIVISIÓN.....</b>	<b>26</b>
2.2. DEFINICIÓN DE TELECOMUNICACIONES Y ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.....	26
<b>EL GIGAHERCIO (GHZ) ES UN MÚLTIPLO DE LA UNIDAD DE MEDIDA DE FRECUENCIA HERCIO (HZ) Y EQUIVALE A 10<sup>9</sup> (1.000.000.000) HZ. POR LO TANTO, TIENE UN PERÍODO DE OSCILACIÓN DE 1 NANOSEGUNDO.....</b>	<b>27</b>
2.3. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO Y SUS BANDAS.....	27
2.4. RUIDO.....	28
2.5. DESVANECIMIENTO DE LA SEÑAL.....	28
<b>LA ENERGÍA DE UNA SEÑAL DECAE CON LA DISTANCIA. LA ATENUACIÓN ES LA PÉRDIDA DE LA POTENCIA DE UNA SEÑAL, POR TANTO, PARA QUE LA SEÑAL LLEGUE CON LA SUFICIENTE ENERGÍA ES NECESARIO EL USO DE</b>	

<b>AMPLIFICADORES O REPETIDORES SITUADOS A LO LARGO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....</b>	<b>28</b>
<a href="#">2.6. INTERFERENCIA.....</a>	<a href="#">30</a>
<a href="#">2.7. ESTÁNDARES PARA REDES INALÁMBRICAS.....</a>	<a href="#">32</a>
<b>INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS.....</b>	<b>32</b>
<a href="#">2.8. ESTÁNDARES IEEE 802.15.....</a>	<a href="#">32</a>
<b>WIRELESS PERSONAL AREA NETWORK.....</b>	<b>32</b>
<b>ES UNA ABREVIATURA PARA LA CAPA FÍSICA DEL MODELO OSI.....</b>	<b>32</b>
<b>MEDIA ACCESS CONTROL O SUBCAPA DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO.....</b>	<b>32</b>
<b>ULTRA WIDE BAND ES UN PROTOCOLO CON ALTAS VELOCIDADES DE TRANSFERENCIA PERO, POSEE MUY CORTO ALCANCE Y EMPLEA MUY Poca POTENCIA.....</b>	<b>32</b>
<a href="#">2.8.1. IEEE 802.15.4 y ZIGBEE.....</a>	<a href="#">33</a>
<a href="#">2.8.2. CAPA FÍSICA (PHY).....</a>	<a href="#">34</a>
<b>UN NODO, EN INFORMÁTICA, ES UN COMPONENTE QUE FORMA PARTE DE UNA RED, CADA SERVIDOR CONSTITUYE UN NODO. LAS COMPUTADORAS QUE FORMAN PARTE DE UNA RED TAMBIÉN SON NODOS.</b>	<b>34</b>
<b>EN REDES INFORMÁTICAS, CARRIER SENSE, MULTIPLE ACCESS, COLLISION AVOIDANCE (ACCESO MÚLTIPLE POR DETECCIÓN DE PORTADORA CON EVASIÓN DE COLISIONES) ES UN PROTOCOLO DE CONTROL DE ACCESO A REDES DE BAJO NIVEL QUE PERMITE QUE MÚLTIPLES ESTACIONES UTILICEN UN MISMO MEDIO DE TRANSMISIÓN.....</b>	<b>34</b>
<a href="#">2.8.3. CAPA DE RED (NWK).....</a>	<a href="#">35</a>
<b>LA TOPOLOGÍA DE RED MALLADA ES UNA TOPOLOGÍA DE RED EN LA QUE CADA NODO ESTÁ CONECTADO A TODOS LOS NODOS. DE ESTA MANERA ES POSIBLE LLEVAR LOS MENSAJES DE UN NODO A OTRO POR DISTINTOS CAMINOS. SI LA RED DE MALLA ESTÁ COMPLETAMENTE CONECTADA, NO PUEDE EXISTIR ABSOLUTAMENTE NINGUNA INTERRUPCIÓN EN LAS COMUNICACIONES.....</b>	<b>35</b>
<a href="#">2.8.4. CAPA DE APLICACIÓN (APL).....</a>	<a href="#">35</a>
<a href="#">2.9. MEDIOS DE TRANSMISIÓN.....</a>	<a href="#">36</a>
<a href="#">2.10. COMPONENTES DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES.....</a>	<a href="#">36</a>
<b>SISTEMA QUE MUEVE O ARREGLA ALGO.....</b>	<b>37</b>
<b>APARATO UTILIZADO PARA CONECTAR O DESCONECTAR PARTE DE UNA INSTALACIÓN.....</b>	<b>37</b>
<a href="#">2.11. ARQUITECTURA DE MICROCONTROLADORES.....</a>	<a href="#">38</a>
<b>RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION, SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE DATOS. ....</b>	<b>39</b>
<a href="#">2.12. CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE UN MOTE.....</a>	<a href="#">39</a>
<a href="#">2.13. ARQUITECTURA DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES.....</a>	<a href="#">40</a>
<a href="#">2.13.1. REDES DE MOTES (RIS).....</a>	<a href="#">40</a>
<a href="#">2.13.2. CARACTERÍSTICAS COMUNES DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES (RIS).....</a>	<a href="#">40</a>
<b>COMUNICACIÓN DE UNA TERMINAL ORIGEN A TODAS LAS TERMINALES DE UN DOMINIO DE BROADCAST (RED, SUBRED O VLAN).....</b>	<b>41</b>
<a href="#">2.14. MODELO FUNCIONAL PARA LAS REDES DE SENSORES.....</a>	<a href="#">41</a>
<a href="#">2.15. FACTORES DE DISEÑO DE UNA RED DE COMUNICACIÓN DE SENSORES.....</a>	<a href="#">42</a>
<b>EN TELECOMUNICACIONES Y EN INGENIERÍA INFORMÁTICA, LA ESCALABILIDAD ES LA PROPIEDAD DESEABLE DE UN SISTEMA, UNA RED O UN PROCESO, QUE INDICA SU HABILIDAD PARA REACCIONAR Y ADAPTARSE SIN PERDER CALIDAD, O BIEN MANEJAR EL CRECIMIENTO CONTINUO DE TRABAJO</b>	



<b>DE MANERA FLUIDA, O BIEN PARA ESTAR PREPARADO PARA HACERSE MÁS GRANDE SIN PERDER CALIDAD EN LOS SERVICIOS OFRECIDOS.....</b>	<b>43</b>
<a href="#">2.16. REQUERIMIENTOS DE CONEXIÓN.....</a>	<a href="#">43</a>
<b>EL MAX232 ES UN CIRCUITO INTEGRADO QUE CONVIERTE LOS NIVELES DE LAS LÍNEAS DE UN PUERTO SERIE RS232 A NIVELES TTL (TIEMPO DE VIDA) Y VICEVERSA. LO INTERESANTE ES QUE SÓLO NECESITA UNA ALIMENTACIÓN DE 5V.....</b>	<b>43</b>
<a href="#">2.17. MÓDULOS XBEE.....</a>	<a href="#">44</a>
<b>ISM (INDUSTRIAL, SCIENTIFIC AND MEDICAL) BANDAS RESERVADAS INTERNACIONALMENTE PARA USO NO COMERCIAL DE RADIOFRECUENCIA ELECTROMAGNÉTICA EN ÁREAS INDUSTRIALES, CIENTÍFICAS Y MÉDICAS.....</b>	<b>44</b>
<b>“API (APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE - INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN DE APLICACIONES). UN API NO ES MÁS QUE UNA SERIE DE SERVICIOS O FUNCIONES QUE EL SISTEMA OPERATIVO OFRECE AL PROGRAMADOR, COMO POR EJEMPLO, IMPRIMIR UN CARÁCTER EN PANTALLA, LEER EL TECLADO, ESCRIBIR EN UN FICHERO DE DISCO, ETC.”.....</b>	<b>44</b>
<b>PINOUT ES UN TÉRMINO ANGLOSAJÓN QUE, EN TRADUCCIÓN LIBRE, SIGNIFICA PATILLAJE, O MÁS CORRECTAMENTE ASIGNACIÓN DE PATILLAJE. ES USADO EN ELECTRÓNICA PARA DETERMINAR LA FUNCIÓN DE CADA PIN EN UN CIRCUITO INTEGRADO, O BIEN EN UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO DISCRETO.....</b>	<b>44</b>
<b>EL "CHIPSET" ES EL CONJUNTO (SET) DE CHIPS QUE SE ENCARGAN DE CONTROLAR DETERMINADAS FUNCIONES DEL ORDENADOR, COMO LA FORMA EN QUE INTERACCIONA EL MICROPROCESADOR CON LA MEMORIA O LA CACHÉ, O EL CONTROL DE LOS PUERTOS.....</b>	<b>45</b>
<b>FREE SCALE SEMICONDUCTOR, INC. ES UN FABRICANTE ESTADOUNIDENSE DE SEMICONDUCTORES. CREADO A PARTIR DE LA DIVISIÓN DE SEMICONDUCTORES DE MOTOROLA EN 2004. FREESCALE SE CENTRA EN EL MERCADO DE LOS SISTEMAS INTEGRADOS Y LAS COMUNICACIONES.....</b>	<b>45</b>
<b>EMBER EMPRESALÍDER PROVEEDORA DE SENSORES INALÁMBRICOS Y TECNOLOGÍAS DE CONTROL DE RED, ADEMÁS ES UN PROMOTOR CLAVE Y MIEMBRO DE LA JUNTA DE LA ZIGBEE ALLIANCE.....</b>	<b>45</b>
<a href="#">2.18. TOPOLOGÍAS DE RED ZIGBEE.....</a>	<a href="#">45</a>
<a href="#">2.18.1. MESH O MALLA.....</a>	<a href="#">45</a>
<a href="#">2.19. TIPOS DE MÓDULOS XBEE.....</a>	<a href="#">46</a>
<b>LOS MÓDULOS XBEE SON DISPOSITIVOS QUE INTEGRAN UN TRANSMISOR - RECEPTOR DE ZIGBEE Y UN PROCESADOR EN UN MISMO MÓDULO, LO QUE LE PERMITE A LOS USUARIOS DESARROLLAR APLICACIONES DE MANERA RÁPIDA Y SENCILLA.....</b>	<b>46</b>
<a href="#">2.20. SOFTWARE DE DESARROLLO.....</a>	<a href="#">46</a>
<a href="#">2.20.1. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.....</a>	<a href="#">46</a>
<a href="#">2.20.2. LABVIEW.....</a>	<a href="#">47</a>
<a href="#">2.20.3. VISUAL BASIC.....</a>	<a href="#">47</a>
<a href="#">2.20.4. VISUAL C++.....</a>	<a href="#">48</a>
<a href="#">2.21. HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN PARA COMUNICACIÓN DE DATOS.....</a>	<a href="#">48</a>
<a href="#">2.21.1. PROTEUS.....</a>	<a href="#">48</a>
<a href="#">2.22. BASE DE DATOS.....</a>	<a href="#">49</a>
<b>3. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DE LA RED INALÁMBRICAS DE SENSORES.....</b>	<b>51</b>
<a href="#">3.1. CONTROL ACTUAL DE NIVEL DE CRUDO EN LOS TANQUES DE RESERVA.....</a>	<a href="#">51</a>
<a href="#">3.1.1. MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS.....</a>	<a href="#">51</a>
<b>CENTRO DE FACILIDADES DE PROCESO (CPF), POR SUS SIGLAS EN INGLÉS.....</b>	<b>55</b>
<a href="#">3.2. ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DE LAS REDES INALÁMBRICAS COMO MEDIO DE COMUNICACIÓN.....</a>	<a href="#">56</a>
<a href="#">3.2.1. WI-FI.....</a>	<a href="#">56</a>
<a href="#">3.2.2. BLUETOOTH.....</a>	<a href="#">57</a>

**ISM (INDUSTRIAL, SCIENTIFIC AND MEDICAL) SON BANDAS RESERVADAS INTERNACIONALMENTE PARA USO NO COMERCIAL DE RADIOFRECUENCIA ELECTROMAGNÉTICA EN ÁREAS INDUSTRIAL, CIENTÍFICA Y MÉDICA. EN LA ACTUALIDAD ESTAS BANDAS HAN SIDO POPULARIZADAS POR SU USO EN COMUNICACIONES WLAN.....57**

3.2.3. ZIGBEE.....	57
3.2.4. EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.....	58
3.3. ANÁLISIS DE HARDWARE.....	59
3.4. SENSORES.....	59
3.4.1. SENSOR DE ULTRASONIDO.....	59
3.4.2. SENSOR DE TEMPERATURA.....	60
3.4.3. SENSORES DE NIVEL.....	61
3.5. ANÁLISIS DE SENSORES DE TEMPERATURA.....	61
3.5.1. SENSOR DE TEMPERATURA TC1047.....	62
3.5.2. SENSOR DE TEMPERATURA DS18S20.....	62
3.5.3. SENSOR DE TEMPERATURA HU-10S.....	63
3.5.4. EVALUACIÓN DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA.....	64
3.6. ANÁLISIS DE SENSORES DE ULTRASONIDO.....	65
3.6.1. LV-MaxSonar®-EZ2.....	65
3.6.2. THE PARALLAX PING.....	66
3.6.3. SENSOR ULTRASÓNICO SRF05.....	67
3.6.4. EVALUACIÓN DE LOS SENSORES DE ULTRASONIDO.....	68
3.7. ANÁLISIS DE ACTUADORES.....	69
3.7.1. BOMBA DE AGUA OEM19.....	69
3.7.2. BOMBA DE AGUA TL-C07.....	70
3.7.3. BOMBA DE AGUA SC3711PW.....	71
3.7.4. EVALUACIÓN DE LOS ACTUADORES.....	71
3.8. ANÁLISIS DE MÓDULOS.....	72
3.8.1. MÓDULO TMOTEsky.....	72
3.8.2. MÓDULO MICAZ.....	73
3.8.3. MÓDULO XBEE.....	73
3.8.4. EVALUACIÓN DE LOS MÓDULOS.....	74
3.9. ANÁLISIS DE LAS SERIES XBEE.....	74

**U. FL, UN CONECTOR COAXIAL DE RF EN MINIATURA PARA SEÑALES DE ALTA FRECUENCIA FABRICADOS POR HIROSE ELECTRIC GROUP.....75**

**RPSMA REVERSE-POLARITY SUBMINIATURE VERSION A (CONECTORES DE POLARIDAD INVERSA SUB MINIATURA VERSIÓN A).....75**

3.9.1. EVALUACIÓN DE LAS SERIES.....	75
3.10. ANÁLISIS DE MICROCONTROLADORES.....	76
3.10.1. EVALUACIÓN DE LOS MICROCONTROLADORES.....	77

**ICSP SIGNIFICA IN CIRCUIT SERIAL PROGRAMMING, ES UN CONECTOR QUE DISPONEN ALGUNAS PLACAS MEDIANTE EL CUAL PODEMOS ACTUALIZAR O REPROGRAMAR EL CHIP SIN SACARLO DEL ZOCADO DE DONDE LO TENEMOS COLOCADO EN UN PROYECTO, ALGUNOS PROGRAMADORES DISPONEN DE ESTE CONECTOR PARA UNIR EL PROGRAMADOR CON LA PLACA QUE CONTIENE EL CHIP A PROGRAMAR.....79**

3.11. ANÁLISIS DE SOFTWARE.....	79
3.12. ANÁLISIS PARA LA PROGRAMACIÓN DE MICROCONTROLADORES.....	79
3.13. MIKROBASIC.....	79
3.13.1. MICROCODE STUDIO.....	80
3.13.2. PROTON.....	80
3.13.3. EVALUACIÓN PARA LA PROGRAMACIÓN DE MICROCONTROLADORES.....	80
3.14. ANÁLISIS DE LA PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ.....	81
3.14.1. ECLIPSE.....	81

**CÓDIGO ABIERTO ES EL TÉRMINO CON EL QUE SE CONOCE AL SOFTWARE DISTRIBUIDO Y DESARROLLADO LIBREMENTE.....81**

3.14.2. NETBEANS.....	82
3.14.3. VISUAL BASIC.....	82
3.14.4. EVALUACIÓN PARA LA PROGRAMACIÓN LA INTERFAZ.....	82
3.15. ANÁLISIS DEL GESTOR DE BASES DE DATOS.....	83
3.15.1. EVALUACIÓN PARA EL GESTOR DE BASE DE DATOS.....	84
3.16. ANÁLISIS DE LOS SIMULADORES DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS.....	85
3.16.1. PROTEL DXP.....	85
3.16.2. P-CAD.....	85

<b>TARJETA DE CIRCUITO IMPRESO, PRINTED CIRCUIT BOARD.....</b>	<b>85</b>
<b>BALL GRID ARRAY SON SOLDADURAS CUYO FIN ES UNIR UN COMPONENTE A LA PLACA BASE DE UN EQUIPO INFORMÁTICO.....</b>	<b>85</b>
3.16.3. PROTEUS.....	86
3.16.4. EVALUACIÓN DE LOS SIMULADORES DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS.....	86
3.17. ANÁLISIS DE LA INTERFAZ DE COMUNICACIÓN ENTRE LOS MICROCONTROLADORES Y LA COMPUTADORA.....	87
3.17.1. USB.....	87
3.17.2. RS2-32.....	87
<b>ES UN EQUIPO TERMINAL DE DATOS. SE CONSIDERA DTE A CUALQUIER EQUIPO INFORMÁTICO, SEA RECEPTOR O EMISOR FINAL DE DATOS.....</b>	<b>87</b>
<b>COMPRENDER CONVERTIDORES DE SEÑALES, GENERADORES DE TEMPORIZACIÓN, REGENERADORES DE IMPULSOS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL, JUNTO CON EL EQUIPO CON OTRAS FUNCIONES COMO PROTECCIÓN CONTRA ERRORES O LLAMADA Y RESPUESTA AUTOMÁTICAS.....</b>	<b>87</b>
3.17.3. EVALUACIÓN DE LA INTERFAZ DE COMUNICACIÓN ENTRE LOS MICROCONTROLADORES Y LA COMPUTADORA.....	88
<b>4. DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICAS DE SENSORES WSN.....</b>	<b>89</b>
4.1. DISEÑO ESQUEMÁTICO DE LA RED INALÁMBRICA DE SENSORES.....	90
4.2. DISEÑO DE HARDWARE.....	91
4.3. CONEXIÓN MÓDULO XBEE.....	92
4.4. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL DIAGRAMA CIRCUITAL.....	97
4.5. DISEÑO DEL NODO TRANSMISIÓN.....	98
4.6. DIAGRAMA DE BLOQUE MÓDULO TRANSMISOR, COORDINADOR.....	100
4.6.1. SENSORES.....	101
4.6.2. DISEÑO FUNCIONAL DE LA RED MESH.....	101
4.7. DISEÑO DE SOFTWARE.....	104
4.7.1. DISEÑO DE BASE DE DATOS.....	106
4.7.2. DICCIONARIO DE DATOS.....	107
4.8. DISEÑO DE LA INTERFAZ PARA LA COMPUTADORA.....	107
4.8.1. CONSTRUCCIÓN DE SOFTWARE PARA EL MICROCONTROLADOR.....	112
4.8.2. CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA PARA VISUALIZAR LOS DATOS OBTENIDOS DE LA RED WSN.....	113
<b>5. PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>	<b>115</b>
5.1. PROPAGACIÓN DE LA SEÑAL.....	115
5.1.1. PRUEBAS DEL PROTOTIPO.....	116
5.1.2. PRUEBAS DE CONECTIVIDAD ZIGBEE.....	117
<b>DEL ESTUDIO REALIZADOSE DETERMINÓ QUE, LA EFICIENCIA ENERGÉTICA POR PARTE DE LOS COMPONENTES DE LA RED WSN FUERON SU BAJO CONSUMO ENERGÉTICO GARANTIZANDO BATERÍAS DE LARGA DURACIÓN, ADEMÁS SE DETERMINÓ SE DETERMINÓ LOS ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA APLICACIÓN IMPLEMENTADA LLEGANDO A LOS SIGUIENTES RANGOS DE FUNCIONAMIENTO, LA MÁXIMA DISTANCIA DE TRABAJO A LA QUE PUEDE FUNCIONAR EL PROTOTIPO EN INTERIORES ES DE 50 METROS QUE DEPENDE DE LA ESTRUCTURA DE LA EDIFICACIÓN, PARA ESTE CASO SE REALIZARON LA PRUEBAS EN UNA CASA CON PAREDES DE CEMENTO Y 100 METROS EN EXTERIORES CON LÍNEA DE VISTA.....</b>	<b>121</b>
<b>SE DETERMINÓ QUE AL REALIZAR EL PROTOTIPO DE UNA RED WSN CON EL SENSOR DE ULTRASONIDO EN ESPECÍFICO, SE RECIBIÓ DATOS DE UN ESCENARIO DE ANÁLISIS DE MANERA EFECTIVA Y CONSTANTE.....</b>	<b>121</b>
<b>SE SIMULÓ LA RED WSN OBTENIENDO CAÍDAS DE INFORMACIÓN AL REALIZAR LAS SIMULACIONES EN CAMPO ABIERTO A 90M, DE AHÍ SE VE LA NECESIDAD DE EFECTUAR LAS PRUEBAS A UNA DISTANCIA ESPECIFICADA.....</b>	<b>121</b>
<b>DURANTE EL DESARROLLO DE ESTE EL PROYECTO SE ALCANZARON LOS DIFERENTES OBJETIVOS PLANTEADOS, EXPONIENDO LAS PRESTACIONES DEL PROTOCOLO ZIGBEE Y DEMOSTRANDO LA FACTIBILIDAD DE UN PROTOTIPO INALÁMBRICO DE CONTROL DE TIEMPO Y DE ADQUISICIÓN DE DATOS. SE ESPERA QUE EL PROTOTIPO PRESENTADO SEA MEJORADO DE FORMA CONTINUA Y LLEGUE A SER UTILIZADO YA QUE INCREMENTA LA CONFIABILIDAD DE LA</b>	

**INFORMACIÓN ENTREGADA Y SE ASEGURA LA NO INTERVENCIÓN HUMANA EN EL PROCESO DE GENERACIÓN Y ENTREGA DE LA MISMA. ....121**

**LA RED ESTÁ DISEÑADA DE FORMA QUE CADA NODO ESTÁ PREPARADO PARA REENVIAR DATOS A LOS DEMÁS Y LA DECISIÓN SOBRE QUÉ NODOS REENVÍAN LOS DATOS SE TOMA DE FORMA DINÁMICA EN FUNCIÓN DE LA CONECTIVIDAD DE LA RED. TAMBIÉN HAY QUE DESTACAR LA EXISTENCIA DE UN NODO ESPECIAL, COORDINADOR, QUE GESTIONA LAS COMUNICACIONES CON EL RESTO DE NODOS. AL SER UNA RED ORIENTADA A SENSORES DE BAJO CONSUMO SE HA DECIDIDO UTILIZAR UN CONJUNTO DE PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN ZIGBEE. TODOS LOS NODOS EXCEPTO EL COORDINADOR ESTÁN DEFINIDOS COMO SENSORES QUE SE ENCARGAN DE MEDIR LA TEMPERATURA, DISTANCIA Y TRANSMITIR LOS DATOS AL NODO CONECTADO AL PC PARA QUE SEAN PROCESADOS POR ÉSTE.....122**

**EL DESARROLLO DE UNA RED MEDIANTE DISPOSITIVOS QUE CUENTEN CON TECNOLOGÍA ZIGBEE HOY EN DÍA ES UNA MANERA EFICIENTE, ECONÓMICA Y SOBRE TODO PRACTICA DE CONSTRUIR UNA RED DE SENSORES QUE ABARQUE TRES PUNTOS BÁSICOS: SEGURIDAD, DISPONIBILIDAD Y CONVERGENCIA.....122**

**DURANTE EL DESARROLLO DE ESTE EL PROYECTO SE ALCANZARON LOS DIFERENTES OBJETIVOS PLANTEADOS, EXPONIENDO LAS PRESTACIONES DEL PROTOCOLO ZIGBEE Y DEMOSTRANDO LA FACTIBILIDAD DE UN PROTOTIPO INALÁMBRICO DE CONTROL DE TIEMPO Y DE ADQUISICIÓN DE DATOS. SE ESPERA QUE EL PROTOTIPO PRESENTADO SEA MEJORADO DE FORMA CONTINUA Y LLEGUE A SER UTILIZADO YA QUE INCREMENTA LA CONFIABILIDAD DE LA INFORMACIÓN ENTREGADA Y SE ASEGURA LA NO INTERVENCIÓN HUMANA EN EL PROCESO DE GENERACIÓN Y ENTREGA DE LA MISMA. ....123**

**LA RED ESTÁ DISEÑADA DE FORMA QUE CADA NODO ESTÁ PREPARADO PARA REENVIAR DATOS A LOS DEMÁS Y LA DECISIÓN SOBRE QUÉ NODOS REENVÍAN LOS DATOS SE TOMA DE FORMA DINÁMICA EN FUNCIÓN DE LA CONECTIVIDAD DE LA RED. TAMBIÉN HAY QUE DESTACAR LA EXISTENCIA DE UN NODO ESPECIAL, COORDINADOR, QUE GESTIONA LAS COMUNICACIONES CON EL RESTO DE NODOS. AL SER UNA RED ORIENTADA A SENSORES DE BAJO CONSUMO SE HA DECIDIDO UTILIZAR UN CONJUNTO DE PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN ZIGBEE. TODOS LOS NODOS EXCEPTO EL COORDINADOR ESTÁN DEFINIDOS COMO SENSORES QUE SE ENCARGAN DE MEDIR LA TEMPERATURA, DISTANCIA Y TRANSMITIR LOS DATOS AL NODO CONECTADO AL PC PARA QUE SEAN PROCESADOS POR ÉSTE.....123**

**SE DETERMINÓ LOS ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA APLICACIÓN IMPLEMENTADA LLEGANDO A LOS SIGUIENTES RANGOS DE FUNCIONAMIENTO, LA MÁXIMA DISTANCIA DE TRABAJO A LA QUE PUEDE FUNCIONAR EL PROTOTIPO EN INTERIORES ES DE 50 METROS QUE DEPENDE DE LA ESTRUCTURA DE LA EDIFICACIÓN, PARA ESTE CASO SE REALIZARON LA PRUEBAS EN UN EDIFICIO CON PAREDES DE CEMENTO Y 100 METROS EN EXTERIORES CON LÍNEA DE VISTA DIRECTA.....123**

**EL DESARROLLO DE UNA RED MEDIANTE DISPOSITIVOS QUE CUENTEN CON TECNOLOGÍA ZIGBEE HOY EN DÍA ES UNA MANERA EFICIENTE, ECONÓMICA Y SOBRE TODO PRACTICA DE CONSTRUIR UNA RED DE SENSORES QUE ABARQUE TRES PUNTOS BÁSICOS: SEGURIDAD, DISPONIBILIDAD Y CONVERGENCIA.....124**

## **CAPÍTULO I**

### **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En este capítulo, se describe el interés del tema que se planteó para el proyecto sus alcances, objetivos también se enfatiza en otros aspectos como en el núcleo administrativo y estratégico para la operación de los campos del grupo Synergy E&P Ecuador, la organización y la toma de decisiones, con énfasis en la búsqueda de una eficiencia financiera y operacional, la gestión de los equipos ha logrado que a través de ellos se optimice los procesos, logrando importantes incrementos en la producción y en la reducción de costos y gastos inherentes a la operación.

Actualmente hay una interesante variedad de tecnologías inalámbricas, debido a que si bien las ondas de radio ideales deberían permitir transmisiones de alta velocidad, usando poca energía y pudiendo viajar largas distancias, lamentablemente no es posible lograr estos tres objetivos de forma simultánea. Para poder viajar largas distancias las señales de radio deben tener cierta potencia y para ello es necesario emplear buenas cantidades energía, si por el contrario se desea que durante la generación y procesamiento de las señales se consuma poca energía, entonces lo que ocurre es que, al ser generada con menos potencia, se reduce significativamente el alcance de las mismas y sólo pueden viajar correctamente distancias relativamente cortas.

Por estas razones es que hoy coexisten diferentes tecnologías inalámbricas, para satisfacer los diferentes requerimientos de los usuarios y sus aplicaciones.

Si bien la tendencia actual en la mayoría de las tecnologías inalámbricas es la de producir protocolos con una alta tasa de transmisión de datos y haciendo énfasis en la calidad del servicio, con el costo y el consumo de potencia eléctrica como aspectos secundarios.

Existen casos especiales como ocurre en procesos de automatización industrial, así como en ciertas aplicaciones de monitoreo y control, donde los aspectos más importantes son justamente el costo de los dispositivos y su consumo de potencia eléctrica, pasando a ser la velocidad de transmisión un aspecto secundario, este es particularmente el caso de las redes inalámbricas de sensores (WSN).

Una red inalámbrica de sensores es un sistema distribuido que consiste de un gran número de pequeños nodos sensores, donde cada nodo contiene un microcontrolador, un dispositivo de comunicación inalámbrico, un sensor y una batería o fuente de alimentación eléctrica.

En una red inalámbrica de sensores, por lo general, los nodos realizan ciertas mediciones, procesan los datos medidos y transmiten los datos procesados a una estación base que colecta datos de todos los nodos y los analiza para extraer conclusiones de la actividad en el área de interés.

## **1.1. Objetivos**

### **Objetivo General**

Analizar, diseñar y simular las Redes Inalámbricas de Sensores como una herramienta de comunicación para satisfacer las operaciones de automatización y control industrial que se desarrollan en el patio de tanques en la empresa petrolera “GRUPO SYNERGY E & P ECUADOR”.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar los dispositivos de comunicación para las operaciones de automatización y control industrial que se desarrollan en el patio de tanques.
- Estudiar la eficiencia energética en redes de sensores inalámbricos (WSN) e Investigar el acceso al medio, estructuras de red, censado, algoritmos de localización y maximización del tiempo de vida del servicio.
- Implementar una aplicación sobre sistemas de localización de fuentes sonoras.
- Simular el evento de manera práctica y estratégica que brinde los mejores resultados en cuanto a seguridad y robustez.

## **1.2. Justificación del Proyecto**

El propósito de la presente investigación es realizar un estudio que permita gestionar y emular las redes inalámbricas como una herramienta de comunicación que optimice los procesos y operaciones en el manejo del caudal de crudo en el patio de tanques “ULE”. Cuyo propósito es de supervisar controlar y acceder remotamente a todas las instalaciones a través de este medio de comunicación.

De igual manera este tipo de gestión brindará una mayor flexibilidad en todas las áreas operacionales del patio de tanques, permitiendo mejores resultados y tiempos de respuesta mucho más rápidos y efectivos.

El desarrollo de este tema de estudio servirá como soporte de estudio, para futuras investigaciones en donde se desee hacer un diseño o implementación de estas características, así como el aporte tecnológico que pueden ofrecer en el ámbito operacional este concepto de redes inalámbricas.

## **1.3. Alcance del proyecto**

Esta investigación será desarrollada en las instalaciones de los patios de tanques de petróleo ubicada en el campo Tigüino, localizado a 132 kilómetros al final de la vía

Coca-Dayuma-Cononaco-Tigüino, en la provincia de Orellana, parroquia Inés Arango, para determinar la factibilidad de las redes inalámbricas en ese sector, evaluando los siguientes puntos a continuación:

- El proyecto a desarrollar contempla el diseño de un protocolo de enrutamiento y la evaluación del desempeño del mismo, a través de un modelo de simulación y la comparación de métricas con otros protocolos similares.
- En cuanto a los nodos actuadores, se investigará cuál es el tipo de tecnología de red inalámbrica más adecuado.
- Brindar una perspectiva concreta acerca del protocolo de enrutamiento así como sus normas y estándares para que la comunicación sea más eficiente.
- El protocolo de enrutamiento deberá hacer un compromiso entre los parámetros de diseño tales como: ahorro de energía, escalabilidad, tolerancia a fallas, baja sobrecarga y QoS, (comunicación en tiempo real).
- Indicar los diferentes campos de aplicación como ejemplos en los cuales es conveniente utilizar las redes WSN.
- Para probar la funcionalidad de la redes WSN se propone un prototipo de comunicación autónoma que constan de un micro controlador, una fuente de energía, un radio transceptor y un elemento sensor, que van a ser capaces de obtener información de su entorno, procesarla localmente, y comunicarla a través de enlaces inalámbricos hasta un nodo central de coordinación, además dichos nodos actuarán como elementos de la infraestructura de comunicaciones al reenviar los mensajes transmitidos por nodos más lejanos hacia al centro de coordinación, el cual recibirá dichos datos y enviará los mismos hacia la computadora a través de una interfaz. Una vez adquirido los datos en la computadora, estos serán, simulando así en forma real el funcionamiento de dichas redes en los patios del tanques.

#### **1.4. Antecedentes de la Empresa a Estudiar**



La apertura del mercado brasileño con la participación de inversionistas privados, permitió en el año 2000 que SYNERGY, grupo económico con experiencia en servicios petroleros y energéticos, inicie como E&P, Exploración y Producción de Hidrocarburos. Actualmente en Ecuador opera 2 campos petroleros con una participación del 100% en el campo marginal Tigüino en la provincia de Orellana, y un 90% en el campo Gustavo Galindo Velasco en Ancón, provincia de Santa Elena.

### 1.5. Marco Estratégico.

En el contexto actual “the name of the game CASH FLOW”<sup>1</sup> (generar riqueza), sin embargo, nuestra estrategia seguirá siendo “apostar a la gente”.

El generar riqueza no es el objetivo, sino el resultado, en un clima de colaboración y trabajo en equipo, cada una de las personas es responsable de su rendimiento y del rendimiento del equipo en su conjunto, obteniéndose así la sinergia que potencia las capacidades ejecutivas tal como se demuestra en la figura 1.

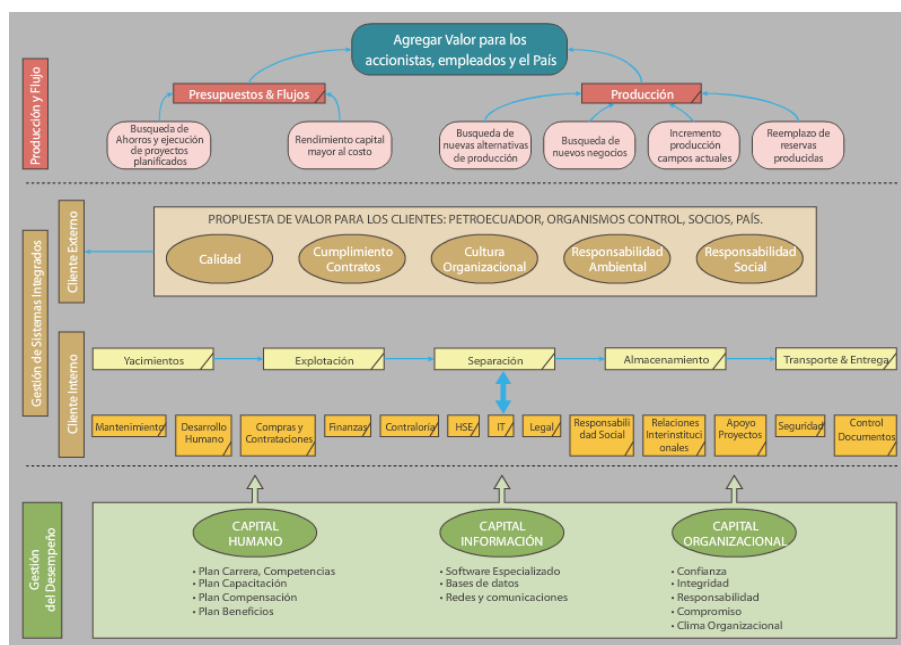


Figura 1.1. Propuesta de valor para los clientes.

Fuente: [www.synergy.com](http://www.synergy.com)

<sup>1</sup>El entorno empresarial significa productos homogéneos y servicios con poco margen para la diferenciación de oferta y demanda, superior, clientes más informados, la economía de libre mercado, el comercio electrónico, mercados altamente competitivos, el alto costo de hacer negocios, y menores márgenes de beneficio.

## **1.6. Estructura Organizacional.**

El equipo gerencial permanentemente desafía a sus colaboradores y a sí mismo a la búsqueda de nuevas oportunidades de negocios, logrando que los colaboradores tengan siempre presente el principio de agregación de valor en todas las decisiones e iniciativas que emprenden, a continuación se describirán las áreas del grupo Synergy que se beneficiarán con este tema de tesis.

### **➤ Geología, Geofísica y Yacimientos.**

En el área de operaciones en Quito se encuentran los departamentos de Geología & Geofísica (G&G) y Yacimientos, cuyos principales objetivos son:

Realizar el monitoreo y seguimiento de los bloques operados por el Grupo Synergy, control de la producción de los pozos, estudios geológicos y de yacimientos con el fin de reemplazar las reservas producidas. Planificación de programas sísmicos, de la transmisión del registro y procesamiento sísmico, e interpretación geofísica.

Supervisión geológica durante actividades de perforación de pozos: seguimiento de actividades diarias, cumplimiento del plan geológico y direccional, control litológico y de parámetros de perforación, inspección en la transmisión de registros eléctricos.

Análisis y evaluación de registros eléctricos de los pozos, para definir niveles con potencial de ser puestos en producción.

Analizar el comportamiento del yacimiento: Seguimiento de datos de producción por pozo, análisis de pruebas de restauración de presión por pozo.

Simulaciones matemáticas de los diferentes reservorios de cada bloque: recopilación de Información de Análisis de Núcleos Análisis PVT<sup>2</sup>.

Reacondicionamiento de pozos: Selección de pozos candidatos para realizar trabajos con el fin de optimizar producción, elaboración del programa de operaciones y coordinación del mismo.

Desarrollo de los Justificativos técnicos para la aprobación de los trabajos de reacondicionamiento.

### **➤ Relaciones gubernamentales y administración.**

---

<sup>2</sup>Los Análisis PVT se llevan a cabo con el propósito de analizar los yacimientos, partiendo de los resultados de estos estudios, determinar los diversos parámetros y metodologías que se desarrollarán para poner a producir el yacimiento.

Las relaciones gubernamentales velan por el respeto corporativo a la normativa, interna y externa, en las relaciones gubernamentales y contractuales así como también precautelar la armonía y el trabajo en conjunto con los distintos entes de control e instituciones vinculados a la ejecución de los contratos conforme a las políticas y procedimientos establecidos por la empresa.

Adicional proporciona el soporte administrativo a las áreas del grupo, basados en una atención oportuna y adecuada de los requerimientos de los solicitantes, tomando como referencia los procedimientos establecidos por la empresa, y las normas de calidad ISO 9001<sup>3</sup>.

#### ➤ **Proyectos.**

El área de proyectos se enfoca principalmente a la administración de los proyectos en sus diferentes etapas, siendo el campo acción de la organización la operación de los bloques productores de crudo. Cada proyecto va acompañado de un análisis de riesgos: industriales, laborales y ambientales, en donde se evalúa el impacto en la operación que tendrá la incorporación de las nuevas instalaciones y/o modificaciones.

Elabora y realiza estudios de ingeniería, conceptual, básica, de detalle, especificaciones técnicas de equipos, cronogramas de trabajo, cada etapa es acompañada con los estudios de ingeniería respectivos mediante la utilización de programas de diseño y simulación adecuados, que permiten visualizar el comportamiento de los sistemas actual y una vez incorporadas las nuevas instalaciones ó modificaciones.

#### ➤ **Tecnología de la información.**

Conformado por un grupo humano, distribuido entre las distintas instalaciones del grupo que trabaja en equipo para brindar a todos los usuarios el soporte requerido en

---

<sup>3</sup> Especifica los requisitos para un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) que pueden utilizarse para su aplicación interna por las organizaciones, sin importar si el producto o servicio lo brinda una organización pública o empresa privada, cualquiera sea su tamaño, para su certificación o con fines contractuales.

las distintas áreas. Apoya con conocimientos y tecnología de punta, para así mantener todos los servicios tecnológicos disponibles, principalmente la comunicación necesaria para las operaciones en el bloque acorde a las necesidades de la empresa, brinda este servicio incluso en lugares de difícil acceso donde se encuentran ubicados nuestros pozos, manteniendo la información y aplicaciones siempre disponibles, cubriendo todos los requerimientos de nuestros usuarios.

La Figura 1.2 Estructura Organizacional describe de una manera mejor la estructura organizacional del Grupo Synergy.

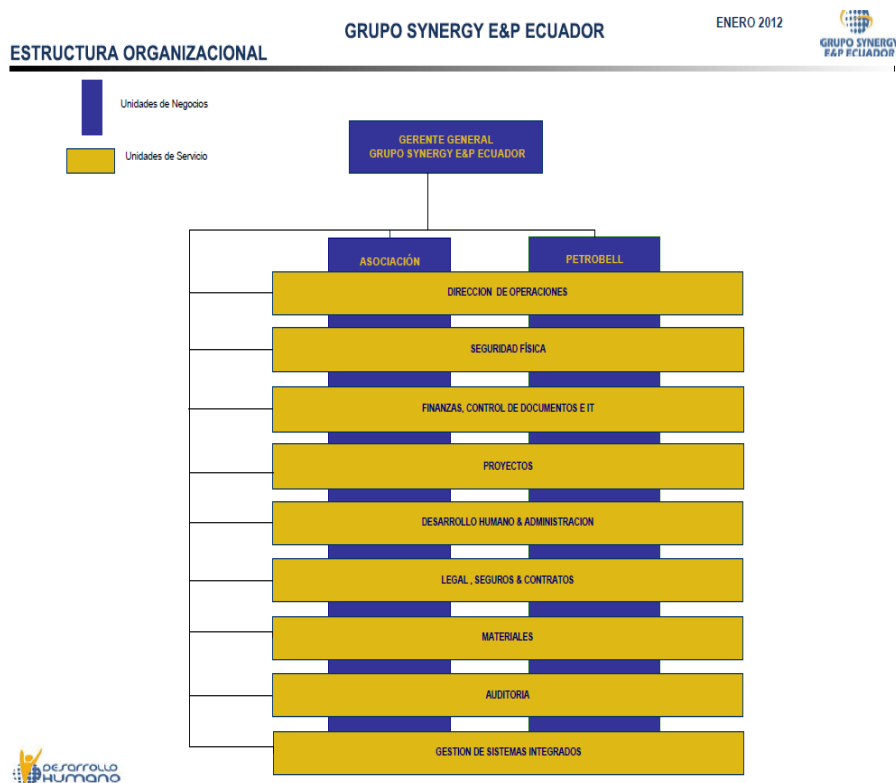


Figura 1.2 Estructura Organizacional

Fuente: [www.synergy.com](http://www.synergy.com)

## 1.7. Visión y Misión

Ser el nexo estratégico y referente entre las empresas Asociadas y el Estado, apoyando al crecimiento de la industria hidrocarburífera y al desarrollo económico y social del país.

Fortalecer a la industria hidrocarburífera del Ecuador agrupando a las empresas del sector, resaltando y difundiendo sus características e importancia para el desarrollo del país, procurando el fortalecimiento empresarial, y promoviendo la cooperación y comunicación entre sus asociados y el Estado.

### **1.8. Objetivos de la Empresa**

- Cooperar con los organismos del Estado para procurar el desarrollo sustentable y buen funcionamiento de la industria hidrocarburífera en beneficio de la economía del país.
- Monitorizar y anticipar sobre posibles cambios en el entorno que puedan incidir en la industria.
- Organizar seminarios y eventos para difundir y fomentar el desarrollo de la industria hidrocarburífera.

### **1.9. ORGANIGRAMA FUNCIONAL**

El organigrama de funciones está elaborado de acuerdo al levantamiento de información de cargos y de la estructura corporativa.

Las funciones descritas fueron levantadas sin perder de vista los objetivos estratégicos del Grupo Synergy E&P y deben ejecutarse siempre enfocadas hacia los mismos para garantizar que se proyecten, integren y relacionen de tal manera que todo el sistema consiga avanzar progresivamente hacia el resultado esperado.

#### **➤ Planificación Financiera y Presupuestos.**

Esta área se encarga de asegurar la implementación de estrategias corporativas para generar crecimiento y rentabilidad del negocio, a través de una efectiva

administración de los recursos económicos, tecnológicos, financieros, humanos, el cumplimiento de disposiciones legales y tributarias. Los roles más representativos son de los diferentes cargos que existen en el área se detalla en el la Figura 1.4.

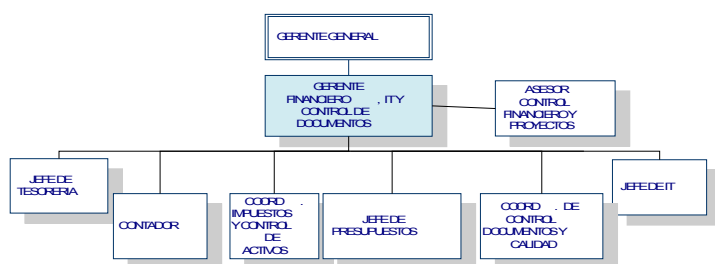


Figura 1.3. Planificación Financiera y Presupuestos.

Fuente: [www.synergy.com](http://www.synergy.com)

### ➤ **Proyectos.**

Esta área se encarga dirigir el diseño, construcción y puesta en marcha, o el mantenimiento extraordinario de la infraestructura de producción necesaria para cumplir con los objetivos de producción y reemplazar reservas, dentro de las políticas y procesos de calidad, seguridad, salud y ambiente y los lineamientos de la casa matriz. Los roles más representativos son de los diferentes cargos que existen en el área se detalla en el la Figura 1.4.



Figura 1.4. Proyectos.

Fuente: [www.synergy.com](http://www.synergy.com)

### ➤ **Operaciones.**

Esta área se encarga de planificar, ejecutar y administrar las estrategias y objetivos de Operación, Producción y Exploración, reemplazando reservas, incrementando la producción, asegurando que los procesos se desarrollen con efectividad y maximizando el retorno de las inversiones para los accionistas, bajo las normas de

calidad, control ambiental y responsabilidad social establecidas en el país y los lineamientos de la casa matriz. Los roles más representativos son de los diferentes cargos que existen en el área se detalla en el la Figura 1.6.

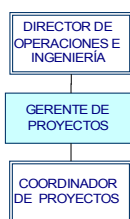


Figura 1.6. Operaciones.

Fuente: [www.synergy.com](http://www.synergy.com)

### 1.10. Análisis FODA

En el análisis Foda<sup>4</sup> se puede mostrar información a un nivel más detallado con muchas consideraciones como las que se visualizan en la Tabla 1.1.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Personal técnico especializado	
Personal obrero y equipos especializados	
Disponibilidad de equipos y herramientas	
DEBILIDADES	AMENAZAS
	Falta de estabilidad en los precios
	Falta de incentivos de producción
	Falta de políticas de inversión en el mediano y largo plazo

Tabla 1.1. Análisis Foda.

Fuente: Autores Tesis

<sup>4</sup>Es una metodología de estudio de la situación de una empresa o un proyecto, analizando sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades) en una matriz cuadrada.

Al momento de valorar la magnitud e importancia tanto de fortalezas como oportunidades de la empresa, es necesario tomar en cuenta el siguiente rango de valoración Tabla 1.2.

Rangos de valoración	
3	Alto
2	Medio
1	Bajo

Tabla 1.2. Valoración.

Fuente: Autores Tesis

En donde las fortalezas y oportunidades que tengan un nivel de ponderación<sup>5</sup> alto permitirán mantener el nivel de eficiencia y eficacia en la aplicación adecuada de la normativa que deberá ser adoptada por la empresa, para aquellas fortalezas y oportunidades que no estén dentro de este rango, la empresa debe analizar su mejoramiento para poder obtener un mejor beneficio.

Su nivel de medición representa una jerarquía de precisión dentro de la cual una variable puede evaluarse, en función de sus características. Podemos analizar a través de sus diferentes niveles de medida. Para realizar esta ponderación se asignará un nivel nominal de medición, el cual describe variables de naturaleza categórica. Cada grupo o categoría se denomina con un nombre o número, esta etiqueta se asignó en función de las necesidades de la investigación.

En esta escala hay que tener en cuenta dos condiciones: No es posible que un mismo valor esté en dos grupos a la vez. Por lo tanto este nivel exige que las categorías sean mutuamente excluyentes entre sí. Los números no tienen valor más que como nombres de los grupos asignados.

---

<sup>5</sup> Del latín ponderatio, la ponderación en términos generales es el [peso](#) o la relevancia que tiene algo.



### **1.11. Matriz Análisis FODA**

En el análisis se detalla a profundidad el impacto que involucra el estudio de algunas áreas con sus respectivas, debilidades, fortalezas, amenazas con una valoración muy importante para tomar en consideración al realizar futuras decisiones, para su mayor detalle se puede revisar en el Anexo 1, del análisis Foda.

#### **➤ Fortalezas**

Una de las fortalezas de mayor importancia en la implementación de las redes WSN en la industria petrolera es la presentación adecuada oportuna y confiable de la información ya que establece estándares que permiten que la misma sea de fácil comprensión tanto para los usuarios internos como externos.

#### **➤ Oportunidades**

La oportunidad más significativa que nos presenta las redes WSN en la industria petrolera es que nos permite una asociación mundial para el desarrollo del sistema con base en normas previsible y no discriminatoria.

#### **➤ Debilidades**

El personal involucrado en las diferentes aéreas de aplicación directa con la nueva normativa no está lo suficientemente preparado, para la adopción de la nueva normativa.

#### **➤ Amenazas**

Es indispensable que los entes de control establezcan de manera más clara los lineamientos a cumplir para la adecuada implementación de esta nueva tecnología.

Nota: Para visualizar el estudio completo del análisis FODA ver en el Anexo 1.

## **CAPÍTULO II**

### **2. RED INALÁMBRICA DE SENSORES.**

En este capítulo, se resumen los conceptos teóricos como el estudio de tecnologías sobre las redes de sensores inalámbricas, Microcontroladores que se utilizaron en el proceso, sensores que permitieron monitorizar los diferentes comportamientos, para el posterior análisis comparativo, para de esta manera conseguir la integración de los diferentes componentes en una red de sensores WSN.

Una Red de Sensores Inalámbricos (WSN, Wireless Sensor Network) es un conjunto de elementos autónomos (nodos) interconectados de manera inalámbrica se considera también, un sistema distribuido que consiste de un gran número de pequeños nodos sensores, donde cada nodo contiene un microcontrolador, un dispositivo de comunicación inalámbrico, un sensor y una batería o fuente de alimentación eléctrica.

En una red inalámbrica de sensores, por lo general, los nodos realizan ciertas mediciones, procesan los datos medidos y transmiten los datos procesados a una estación base que colecta datos de todos los nodos y los analiza para extraer conclusiones de la actividad en el área de interés.

#### **2.1. Aplicaciones en la Industria Petrolera**

##### **➤ Monitoreo de Tanques de Petróleo**

Registran el nivel de Petróleo en grandes tanques de almacenamiento distribuidos a lo largo de una refinería.

Sensores electrónicos miden el nivel de los tanques. El costo de instalación y mantenimiento de cables de par trenzado, entre los tanques, para conectar los sensores se hacía muy costoso, por la distancia entre los mismos y porque existían vías de comunicación (pasos de vehículos, etc) entre los tanques. Motes van a ser colocados dentro de los tanques en empaques sellados, para transmitir los niveles de fluido. Gracias a esto múltiples tanques pueden ser monitoreados, los niveles reportados y almacenados son enviados a un PC en una oficina.

Debido a que los sensores debían estar dentro de los tanques, junto con líquidos y gases inflamables, toda su electrónica debía seguir rigurosos controles de seguridad, como la certificación Class 1 Div 1 group D<sup>6</sup> para el producto entero.

Las Redes Inalámbricas de Sensores van a ser una herramienta central para la consecución de los objetivos del presente proyecto, pero es posible que el desempeño de la instrumentación se vea afectado por una serie de factores intrínsecos al medio de transmisión, el aire.

En la presente sección encontraremos una breve introducción al mundo de las radiocomunicaciones, describiendo tanto los conceptos básicos necesarios para entender los procesos de la telecomunicación, como algunos de los factores que pueden afectar un enlace previamente establecido.

## **2.2. Definición de Telecomunicaciones y Espectro Radioeléctrico.**

La Ley Orgánica de Telecomunicaciones define por telecomunicaciones a toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza, por hilo, radioelectricidad, medios ópticos, u otros medios electromagnéticos afines, inventados o por inventarse. Los reglamentos que desarrollen esta Ley podrán reconocer de manera específica otros medios o modalidades que pudieran surgir en el ámbito de las telecomunicaciones y que se encuadren en los parámetros de esta Ley.

---

<sup>6</sup> Unidad de control certificada para áreas seguras, ATEX Categoría 3 y FM Clase 1, División

A los efectos de esta Ley se define el espectro radioeléctrico como el conjunto de ondas electromagnéticas cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de tres mil gigahertz<sup>7</sup> (3000 GHz) y que se propagan por el espacio sin guía artificial.

### 2.3. Espectro Radioeléctrico y sus Bandas

Para un manejo más eficiente del espectro radioeléctrico, se establecen bandas dedicadas a ciertos usos. A continuación, en la siguiente tabla 2.1., se detalla la distribución de bandas estandarizada:

NOMBRE	ABREVIACION	BANDA ITU	FRECUENCIA	USOS PRINCIPALES
Frecuencia extremadamente Baja	ELF	1	3-30 Hz	Comunicaciones con submarinos
Frecuencia Super Baja	SLF	2	30-300Hz	Comunicaciones con submarinos
Frecuencia Ultra Baja	ULF	3	300-3000Hz	Comunicación dentro de mina
Frecuencia Muy Baja	VLf	4	3-30Khz	Comunicaciones con submarinos
Frecuencia Media	MF	5	300-3000Khz	Radio AM
Frecuencia Alta	HF	6	3-30Mhz	Difusión de ondas cortas
Frecuencia Muy Alta	VHF	7	30-300Mhz	Radio FM,TV
Frecuencia Ultra Alta	UHF	8	300-3000Mhz	Comunicación aire-aire, tierra-aire TV, Telefonía, Wlan
Frecuencia Super Alta	SHF	9	3-30Ghz	WLAN, telefonía W-CDMA, Microondas
Frecuencia extremadamente Alta	EHF	10	30-300Ghz	Radioastronomía
Más de 300Ghz				Visión Nocturna

Tablas 2.1. Distribución de bandas en RF

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Bandas\\_de\\_frecuencia](http://es.wikipedia.org/wiki/Bandas_de_frecuencia)

<sup>7</sup> El gigahercio (GHz) es un múltiplo de la unidad de medida de frecuencia hercio (Hz) y equivale a 10<sup>9</sup> (1.000.000.000) Hz. Por lo tanto, tiene un período de oscilación de 1 nanosegundo.

## 2.4. Ruido

El ruido es una señal no deseada, característica en todos los circuitos electrónicos. Dependiendo del circuito, el ruido generado por los dispositivos electrónicos puede variar ampliamente.

Fuente	Naturales	Cósmico
		Descargas atmosféricas
		Emisiones solares
	Artificiales	Líneas de transmisión de energía eléctrica
		Motores industriales
		Equipos

Tablas 2.2. Distribución de bandas en RF

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Bandas\\_de\\_frecuencia](http://es.wikipedia.org/wiki/Bandas_de_frecuencia)

## 2.5. Desvanecimiento de la Señal

Una onda electromagnética se entiende como la atenuación<sup>8</sup> de la potencia de dicha señal durante la trayectoria que la misma recorre en el medio de propagación. Este fenómeno es el resultado de la suma de muchos factores, los cuales pueden ser de origen ambiental (cambios en el medio), electromagnético (interferencia), ruido o humano (obstáculos, movimiento).

Los tipos más comunes de desvanecimiento, conocidos como "lento" y "rápido", se presentan en ambientes móviles. Estos se definen según como sigue:

Desvanecimiento a gran escala: producido por movimientos grandes de un móvil u obstrucciones en el ambiente de propagación.

Desvanecimiento a pequeña escala: producido por movimientos pequeños de un móvil.

---

<sup>8</sup> La energía de una señal decae con la distancia. La atenuación es la pérdida de la potencia de una señal, por tanto, para que la señal llegue con la suficiente energía es necesario el uso de amplificadores o repetidores situados a lo largo del sistema de transmisión.

Por ejemplo, consideremos la experiencia rutinaria de pararse en un semáforo y oír mucha estática en el radio, problema que se corrige si nos movemos un poco menos de un metro de la posición original. Los teléfonos celulares también poseen desvanecimientos momentáneos similares. La razón de estas pérdidas es la interferencia destructiva que múltiples reflexiones de la señal causan en la misma. Para entender como una señal puede interferir destructivamente con ella misma, consideremos la suma de dos ondas sinusoidales con fases distintas. A medida que las fases tengan una diferencia mayor (con un máximo de  $180^\circ$ ) la señal resultante tendrá cada vez menos potencia.

Adicionalmente al desvanecimiento a pequeña escala ya descrito, el en cual el cambio de amplitud en la señal ocurre en fracciones de metros, la señal también puede enfrentarse a desvanecimientos de sombra. Estos se deben a la presencia de obstáculos entre el transmisor y el receptor, y la escala de distancia requerida para experimentar "sombras" es de un orden de magnitud mayor a la requerida para multitrayectos.

A continuación se muestran unas imágenes en las que tenemos los tipos de desvanecimiento expuestos:

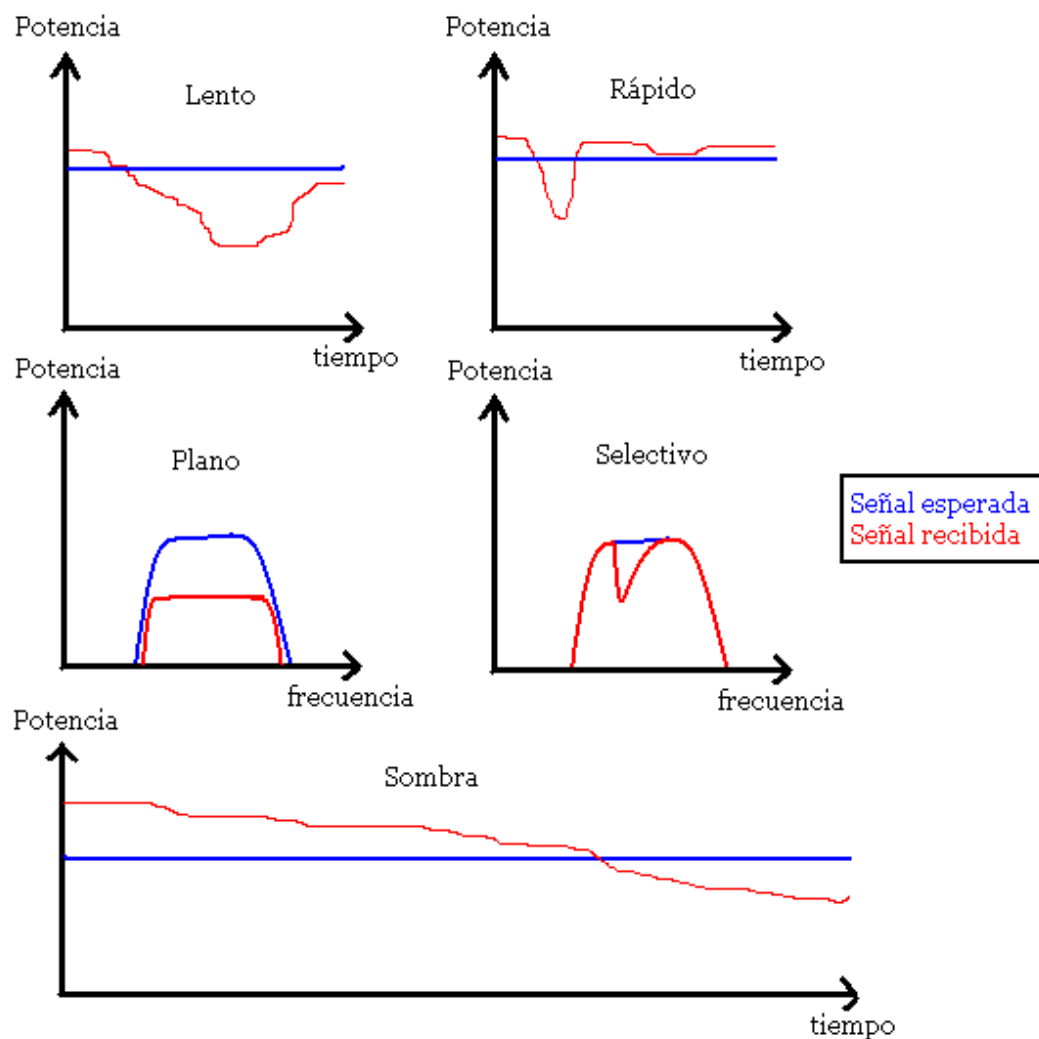


Figura 2.1. Tipos de desvanecimientos de la señal en RF

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1455/1/CD-2729.pdf>

## 2.6. Interferencia

La interferencia se puede clasificar según frecuencia y según ubicación u origen. Según frecuencia se tiene dos tipos de interferencia:

Interferencia Co-canal, dada cuando dos señales ocupan la misma frecuencia.

Interferencia de Canal Adyacente, dada cuando una señal interfiere a otra muy cercana en frecuencia.

Ambos tipos de interferencia se pueden observar en la siguiente gráfica:

Canal Adyacente:

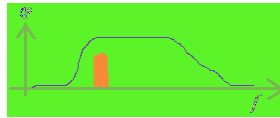


Figura 2.2. Interferencia en Co-canal

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1455/1/CD-2729.pdf>

Co-Canal:

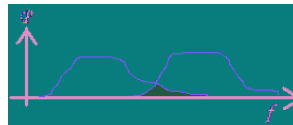


Figura 2.3. Interferencia en canal adyacente

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1455/1/CD-2729.pdf>

Según ubicación u origen, la interferencia se puede clasificar como se explica a continuación:

Interferencia Externa: es provocada por una señal de un sistema externo.

Interferencia por Sobre alcance: cuando en una red de antenas una señal llega más lejos de lo esperado y es recibida por una antena más lejana del mismo sistema, interfiriendo así con la señal que debe llegar a esa antena.

Interferencia por Retro alcance: cuando una señal transmitida (comúnmente en un repetidor) llega al receptor en la misma torre.

Interferencia por Inducción Magnética: cuando la presencia de líneas de transmisión eléctrica causan corrientes en las antenas, interfiriendo con la señal que se está recibiendo.



## **2.7. Estándares para Redes Inalámbricas.**

Debido al éxito de algunas tecnologías de redes inalámbricas de corto alcance (Wireless Personal Area Network: WPAN) como Bluetooth y ZigBee, la IEEE<sup>9</sup> está realizando un esfuerzo para definir una serie de estándares. El Forum UWB (Ultra Wide Band) aboga por una tecnología de alta velocidad de transferencia que puede ofrecer hasta 480 Mbps.

## **2.8. Estándares IEEE 802.15**

Inicialmente se definieron 4 grandes grupos de trabajo para esta familia de estándares luego se convirtieron en 5 con la aparición de UWB :

- El Grupo 802.15.1 es responsable por la estandarización del conjunto de especificaciones propuesto por el SIG Bluetooth.
- El Grupo 802.15.2 es responsable por los aspectos de coexistencia de dos o más tecnologías inalámbricas diferentes que compartan el mismo ambiente de operación y espectro radioeléctrico. Las dos grandes tareas que tiene son, primera cuantificar el efecto de la interferencia mutua entre dispositivos que empleen las tecnologías de WPAN<sup>10</sup> y WLAN, y segunda tarea propone el establecimiento y mecanismos de coexistencia entre dispositivos WPAN y WLAN en las capas física PHY<sup>11</sup> y de acceso al medio MAC<sup>12</sup>.
- El Grupo 802.15.3 es responsable por el desarrollo de una especificación de WPAN de alta velocidad, de más de 20 Mbps, teniendo como objetivo el desarrollar un estándar de capa física PHY, basado en UWB<sup>13</sup>, para soportar tasas de transferencia de datos de 110 a 480 Mbps, en distancias inferiores a los 10 metros.

---

<sup>9</sup>Institute of Electrical and Electronics Engineers

<sup>10</sup>Wireless Personal Area Network.

<sup>11</sup> Es una abreviatura para la capa física del modelo OSI.

<sup>12</sup>Media Access Control o subcapa de control de acceso al medio.

<sup>13</sup> Ultra wide band es un protocolo con altas velocidades de transferencia pero, posee muy corto alcance y emplea muy poca potencia

- El Grupo 802.15.4 está enfocado en la estandarización de red WPAN de baja velocidad y muy bajo consumo de potencia (low power LP-WPAN) lo que conduce a que los dispositivos puedan operar de forma autónoma con baterías con una un mayor tiempo de vida, empleando un bajo nivel de complejidad y muy bajo costo. El nombre comercial de este estándar es Zigbee.

En la siguiente figura, se describe de forma gráfica los estándares.

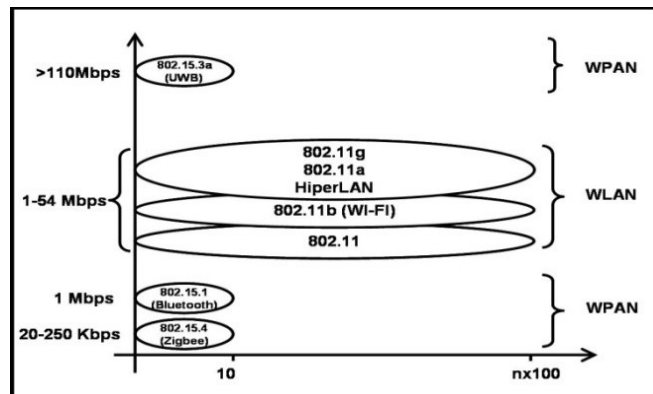


Figura 2.4. Distancia por Velocidad de Transferencia en los modelos inalámbricos.

Fuente: users.dsic.upv.es

### 2.8.1. IEEE 802.15.4 y ZigBee

- Las principales características del estándar IEEE 802.15.4 son:
- Muy Bajo consumo de potencia: Los motes tienen grandes limitaciones de consumo eléctrico.
- Muy Bajo costo de implementación.
- ZigBee opera en la banda de frecuencias ISM de 2.4G Hz, la misma de Wi-Fi, Bluetooth, microondas, brindando la capacidad de interconectar 65536 dispositivos por red.
- Las especificaciones soportan tasas de transmisión de hasta 250 Kbps a distancias que van de los 70 a los 300 metros.

En la siguiente figura, se visualiza la estructura en capas de la IEEE802.15.4 y Zigbee.

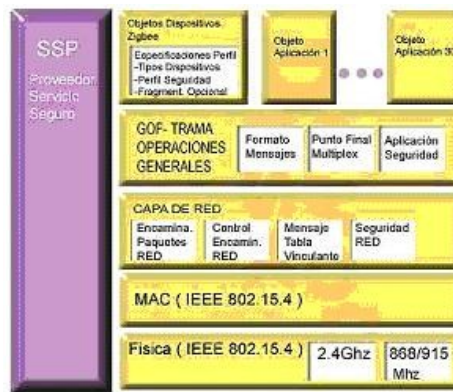


Figura 2.5. (IEEE802.15.4) y (ZigBee )

Fuente: <https://www.assembla.com>

### 2.8.2. Capa Física (PHY)

La especificación IEEE802.15.4 indica que esta capa debe cumplir con las siguientes funciones:

- Activación y desactivación de nodos <sup>14</sup>
- Detección de energía
- Indicador de calidad del enlace
- Detección de actividad del canal
- Recepción y transmisión de datos
- Capa de Acceso al Medio (MAC)

Esta capa, también definida en IEEE802.15.4, asegura el control de las conexiones punto a punto entre nodos para brindar confiabilidad a la transferencia de datos. Las funciones que debe realizar son:

- Transmisión de la trama de sondeo o baliza
- Sincronización de la trama baliza dentro de la supertrama
- Asociación y des-asociación de nodos
- CDMA/CA <sup>15</sup>a dos vías.

Todo esto para lograr un enlace confiable entre los nodos involucrados.

- Los nodos o dispositivos pueden ser de tres tipos:

<sup>14</sup> Un nodo, en informática, es un componente que forma parte de una [red](#), cada servidor constituye un nodo. Las computadoras que forman parte de una red también son nodos.

<sup>15</sup> En redes informáticas, Carrier Sense, Multiple Access, Collision Avoidance (acceso múltiple por detección de portadora con evasión de colisiones) es un protocolo de control de acceso a redes de bajo nivel que permite que múltiples estaciones utilicen un mismo medio de transmisión.

- Dispositivos finales
- Coordinadores
- Enrutadores

La súper trama es empleada como una forma de multiplexado para comunicar todos los tipos de nodos presentes en la red. Esta funciona por multiplexación de tiempo, con ranuras predefinidas, para que los nodos coloquen sus datos en el medio de transmisión.

### **2.8.3. Capa de Red (NWK).**

Las especificaciones de esta capa, definidas por ZigBee, se centran en el enrutamiento de la información según la configuración de la red y la seguridad del enlace. Las configuraciones de red previstas son:

Estrella: centralizado con uso de la trama baliza o sondeo.

Rejilla o mesh<sup>16</sup>: sin baliza con conexiones punto a punto usando CSMA/CA.

Árbol: híbrido para formar una configuración jerárquica.

En esta capa el coordinador es capaz de fijar parámetros para los nodos enrutadores y da mantenimiento a los dispositivos finales.

### **2.8.4. Capa de Aplicación (APL)**

Aquí se definen los perfiles de aplicaciones y sus agrupamientos, descubrimiento de dispositivos y seguridad a nivel de aplicación. Se divide en dos subcapas:

APS: maneja la seguridad con una clave maestra para negociar claves de sesión

ZDO: define los perfiles y sus agrupamientos además de hacer el descubrimiento de nodos.

En líneas generales APS se comporta como una capa transporte mientras que ZDO define los objetos necesarios para desarrollar aplicaciones.

---

<sup>16</sup> La topología de red mallada es una topología de red en la que cada nodo está conectado a todos los nodos. De esta manera es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por distintos caminos. Si la red de malla está completamente conectada, no puede existir absolutamente ninguna interrupción en las comunicaciones.

## 2.9. Medios de Transmisión

Los sensores se comunican con señales, las cuales usualmente se enmarcan en algún estándar existente. Esta señal puede estar definida por asociaciones de estándares o puede ser un estándar propietario. Entre los estándares más utilizados tenemos a los siguientes ver Tabla 2.3:

	TIPO DE SEÑAL DE SALIDA	RANGO
ANALOGICOS	Neumáticos	3-15 PSI
		20-100 kPa
		6-30PSI
	Voltajes	1-5V
		0-5V
		0-10V
	Corriente	4-20mA
		8-40mA
		10-50mA

Tabla 2.3. Tipo de señal de salida de Sensores.

Fuente: <https://www.assembla.com>

En el campo industrial uno de los estándares que eran implementados con mayor frecuencia eran los sensores de salida neumática, ya que por razones de seguridad los sensores de salida eléctrica son más peligrosos. Actualmente las señales neumáticas se usan cada vez menos. Avance en electrónica han permitido equipos de mejor desempeño, a prueba de explosiones y a menor costo que sus contrapartes neumáticas.

## 2.10. Componentes de una Red Inalámbrica de Sensores

Se presenta una revisión de los principales componentes de una red inalámbrica mediante el caso de las tecnologías específicas usadas en una red WSN como una especificación estándar para redes inalámbricas, los componentes con sus respectivas definiciones.

### ➤ **Transductores**

Un transductor es un dispositivo, usualmente eléctrico, electrónico o electromecánico, que convierte un tipo de energía en otro, con el propósito de medir o transferir información. La mayoría de los transductores son sensores o actuadores. Un transductor es definido como un dispositivo<sup>17</sup> que toma una señal y la transforma a un formato que permita su envío, recolección, almacenamiento y tratamiento.

### ➤ **Actuadores**

Los actuadores son una subdivisión de los transductores. Son dispositivos que transforman una señal de entrada (típicamente eléctrica) en movimiento. Algunos ejemplos de actuadores son motores eléctricos, actuadores neumáticos, pistones hidráulicos, válvulas, entre otros.

### ➤ **Sensor**

Es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas para transformarlas en variables eléctricas que se puedan cuantificar y manipular, es así que para éste proyecto se utilizará los siguientes sensores: sensor fotovoltaico, detector de humo, detector de gas, detector de movimiento, sensor magnético.

### ➤ **Relés**

Los relés son dispositivos electromecánicos que funcionan como un interruptor<sup>18</sup> que se acciona mediante un electroimán.

---

<sup>17</sup> Sistema que mueve o arregla algo.

<sup>18</sup> Aparato utilizado para conectar o desconectar parte de una instalación

Estos dispositivos se controlan mediante un circuito eléctrico en el que actúan una bobina y un electroimán, los cuales activan contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos independientes. Controlan circuitos que posean una mayor potencia de salida que los de entrada.

Los relés están compuestos por dos tipos de contactos, de trabajo (se cierran cuando la bobina se alimenta) y de reposo (se cierran cuando la bobina no se alimenta).

### ➤ **Microcontroladores**

Un microcontrolador es un circuito integrado o chip el cual incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador, los Microcontroladores normalmente están compuestos de un Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso), memoria y unidades de E/S (Entrada y Salida).

Los Microcontroladores son destinados a satisfacer tareas como: secuenciamiento, codificación/decodificación, monitoreo, transmisión de datos, señalización, procesamiento de señales, control retroalimentado, temporización, cálculos aritméticos sencillos y complejos, comunicaciones, automatización, despliegue digital, control on-off, etc.

## **2.11. Arquitectura de Microcontroladores.**

Inicialmente los Microcontroladores poseían la arquitectura Von Neumann, que con el tiempo ha sido un poco desplazada por la arquitectura Harvard, a continuación, se describen las dos:

### ➤ **Arquitectura Von Neumann**

En esta arquitectura se define una sola memoria de datos e instrucciones conectada al CPU mediante un bus único de datos, direcciones y control.

### ➤ **Arquitectura Harvard**

Es una arquitectura moderna en la cual se encuentran 2 memorias conectadas al CPU, una de datos y la otra de instrucciones, ambas tienen su propio bus, haciendo posible realizar operaciones de acceso es decir, de lectura y escritura en un mismo tiempo.

### ➤ **Motes**

Un Mote está compuesto generalmente por una unidad de micro controlador o unidad de procesamiento sencilla, una pequeña memoria, sensores, una fuente de alimentación eléctrica y un dispositivo de comunicación inalámbrico, que le permite al mote comunicarse e intercambiar datos unos a otros. Pueden enviar alarmas si las condiciones, que están monitorizando, cambian, en función de los parámetros que estaban programados.

Las empresas pueden usar Redes de Sensores en conjunto con etiquetas RFID<sup>19</sup> para monitorizar el cambio de condiciones durante la distribución de los productos. Cada lectura que realiza un mote y cada bit de datos que es transmitido consumen su batería y acercan al dispositivo a su muerte.

## **2.12. Consideraciones de Diseño de un Mote**

Un mote debe contemplar los siguientes aspectos:

- Tolerancia a Fallos: El fallo de un nodo no debe afectar o degradar el desempeño de la red.
- Escalabilidad: El mecanismo empleado debe poder adaptarse a un amplio rango de tamaño de las redes (número de nodos)
- Costo: El costo debe mantenerse muy bajo.
- Bajo Consumo de Potencia: El consumo debe mantenerse al mínimo para permitir que se amplíe la vida
- Mantenimiento de la Topología: La red debe poder hacer diagnósticos y re-configuraciones de la topología para poder manejar inclusive una alta tasa de fallos en los nodos.

---

<sup>19</sup> Radio Frequency Identification, sistema de almacenamiento y recuperación de datos.



- Despliegue o Instalación de los motes: Deben existir planes y mecanismos de pre-instalación para saber dónde se colocará cada uno de los componentes de la red, así como para el reemplazo y mantenimientos de los nodos de la red que sufran algún daño o se queden sin alimentación eléctrica.
- Ambiente de operación: Deben poder operar en cualquier tipo de ambiente.
- Medios de Transmisión empleado: banda ISM, infrarrojos, etc.

### **2.13. Arquitectura de una Red Inalámbrica de Sensores**

El diseño de la arquitectura de una red de Sensores se ve influenciado por diversos factores tales como la tolerancia a fallas, la escalabilidad y el consumo de energía.

#### **2.13.1. Redes de Motes (RIS)**

En una red de sensores, decenas, cientos o incluso miles de pequeños computadores que operan con baterías, llamados “motes” son distribuidos a lo largo de un ambiente particular. Cada nodo en una red ad-hoc recolecta datos de su ambiente, como la cantidad de luz, temperatura, humedad, vibraciones y otros factores ambientales. Cada mote puede enviar sus datos recolectados de forma inalámbrica a sus vecinos, estos a sus propios vecinos y así sucesivamente, hasta que la información alcance un destino específico, donde será procesada.

#### **2.13.2. Características comunes de una Red Inalámbrica de Sensores (RIS)**

Están compuestas por un gran número de nodos, pudiendo llegar al orden de los miles (hasta 65536).

- Muestran un flujo asimétrico de datos, desde los nodos de captura de datos (sensor node) a un nodo central de comando.

- En cada nodo existe una cantidad limitada de energía que en muchas aplicaciones es imposible de reemplazar o recargar.
- Frecuentemente la topología de la red es estática.
- Cada nodo es de bajo costo, peso y tamaño.
- Los nodos pueden ser propensos a fallas y esto debe ser tolerado por el sistema.
- Se emplea principalmente las comunicaciones de difusión (Broadcast)<sup>20</sup> en lugar de las comunicaciones punto a punto.
- Los Nodos no poseen un identificador único universal.
- La seguridad tanto física, como a nivel de la comunicación, es más limitada que en los enfoques de redes inalámbricas convencionales, como en WiFi.

#### **2.14. Modelo Funcional para las Redes de Sensores.**

Las principales funcionalidades de las redes de sensores pueden ser separadas en cinco grupos de actividades, como se detalla más a continuación:

##### **➤ Establecimiento de una Red de Sensores**

El establecimiento de una red de sensores incluye actividades de instalación de los nodos y de formación de la red. Los nodos sensores pueden ser lanzados sobre una área de monitoreo, cayendo de manera aleatoria y ellos mismos forman la red. Antes de empezar su tarea de monitoreo, los nodos pueden realizar actividades para ubicar su localización y/o formar agrupaciones o clusters. Se puede usar la redundancia para aumentar el tiempo de vida de la red.

##### **➤ Administración**

El objeto de la administración es aumentar el tiempo de vida de la red, reducir los imprevistos y atender a los requisitos de la aplicación.

---

<sup>20</sup>Comunicación de una terminal origen a TODAS las terminales de un dominio de broadcast (red, subred o VLAN)

➤ **Monitoreo**

Las actividades de monitoreo están relacionadas con la percepción del ambiente y la recolección de datos.

➤ **Recolección de Datos**

El objetivo de una red de sensores es recolectar informaciones de una región de observación específica, procesar dicha información y transmitirla a uno o más puntos de la red (llamados de sink o estación base).

➤ **Procesamiento**

El procesamiento en redes de sensores puede ser dividido en dos categorías:

- **Procesamiento de soporte:** Incluye procesamientos como: gestión, comunicación y mantenimiento de la red.
- **Procesamiento de la información:** Los datos recolectados por el nodo sensor pueden ser procesados en función de la aplicación o de la participación del nodo sensor en relación a una tarea común.

➤ **Comunicación.**

En las redes infra estructuradas toda la comunicación entre los nodos móviles es realizada a través de la utilización de estaciones de soporte a movilidad (estaciones bases). En las redes de Sensores los nodos son, en su mayoría, estacionarios.

## **2.15. Factores de Diseño de una Red de Comunicación de Sensores.**

Entre algunos de los factores que intervienen en el diseño se detallan los siguientes:

**Tolerancia a Fallos:** La probabilidad de no tener fallo en un intervalo de  $(0,t)$  es modelado por una distribución :

$$R_k(t) = e^{-\lambda \cdot k \cdot t}$$

Donde ' $\lambda$ ' es la tasa de fallo de un nodo ' $k$ ', y ' $t$ ' es el periodo.

Escalabilidad<sup>21</sup>: La densidad ' $M$ ' puede ser calculada como:

$$M(R) = (N \cdot \pi \cdot R^2) / A$$

Donde ' $N$ ' es el número de nodos en la región ' $A$ ', y ' $R$ ' es el alcance de la señal de radio.  $M(R)$  nos da el número de nodos dentro del rayo de transmisión en la región ' $A$ '.

## 2.16. Requerimientos de Conexión

Para la conexión de los módulos Xbee se requiere como mínimo proveer de dos terminales (VCC y GND) y dos de datos (Vin y Vout), para realizar actualizaciones de firmware en los módulos se tiene que agregar las conexiones de los pines RTS y DTR.

Los módulos Xbee no requieren ser soldados porque su diseño les permite ser montados y desmontados de un zócalo que al igual de los módulos deben ser de dos hileras de 10 pines separadas entre ellas por 22mm y una separación entre pines de 2mm.

Los módulos Xbee pueden ser programados a través del Hyperterminal y una interface serial con un Max232<sup>22</sup> y una serie de comandos AT, convirtiéndose en un

---

<sup>21</sup> En telecomunicaciones y en ingeniería informática, la escalabilidad es la propiedad deseable de un sistema, una red o un proceso, que indica su habilidad para reaccionar y adaptarse sin perder calidad, o bien manejar el crecimiento continuo de trabajo de manera fluida, o bien para estar preparado para hacerse más grande sin perder calidad en los servicios ofrecidos.

<sup>22</sup>El [MAX232](#) es un circuito integrado que convierte los niveles de las líneas de un puerto serie RS232 a niveles TTL (Tiempo de vida) y viceversa. Lo interesante es que sólo necesita una alimentación de 5V.

método muy complicado y tedioso, por éste motivo existen dos tipos de interfaces, serial y USB que con la ayuda del Software X-CTU son utilizadas para programar y definir los parámetros de los módulos Xbee de una manera más rápida.

## **2.17. Módulos XBEE**

Son módulos de radio frecuencia diseñados para operar bajo el protocolo Zigbee, cuando se requiera una comunicación segura entre dispositivos remotos con un bajo consumo de energía, son utilizados en su mayoría en aplicaciones de automatización de casas (domótica), sistemas de seguridad, monitoreo de sistemas remotos, aparatos domésticos, alarmas contra incendio, etc.

Éstos módulos operan dentro de la banda ISM<sup>23</sup> (Industrial, Scientific and Medical) utilizando la frecuencia de 2.4 GHz. Los módulos Xbee tienen 2 formas de comunicación: Transmisión serial transparente (modo AT) y el modo API<sup>24</sup>.

Los módulos Xbee pueden ser configurados desde cualquier computador utilizando el software X-CTU o también desde el propio microcontrolador. La potencia de transmisión de los módulos Xbee puede ser de 2mW para 100 mts o 60mW para hasta 1500 mts.

Existen dos series dentro de los módulos Xbee que son Serie 1 y la Serie 2 o también llamada 2.5, los módulos Serie 1 y Serie 2 tienen el mismo pin-out<sup>25</sup>, sin embargo, no son compatibles entre ellos porque utilizan distintos chipset y trabajan con protocolos diferentes.

---

<sup>23</sup>ISM (Industrial, Scientific and Medical) bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de [radiofrecuencia](#) electromagnética en áreas [industriales](#), [científicas](#) y [médicas](#).

<sup>24</sup> “API (Aplication Programming Interface - Interfaz de programación de aplicaciones). Un API no es más que una serie de servicios o funciones que el Sistema Operativo ofrece al programador, como por ejemplo, imprimir un carácter en pantalla, leer el teclado, escribir en un fichero de disco, etc.”

<sup>25</sup>Pinout es un término anglosajón que, en traducción libre, significa patillaje, o más correctamente asignación de patillaje. Es usado en [electrónica](#) para determinar la función de cada [pin](#) en un [circuito integrado](#), o bien en un [dispositivo electrónico discreto](#).

Los módulos Xbee serie 1 están basados en el chipset<sup>26</sup> de Freescale<sup>27</sup> para ser utilizado en redes punto a punto y punto a multipunto, mientras que los módulos de la serie 2 están basados en el chipset de Ember<sup>28</sup> diseñados para ser utilizados en aplicaciones que requieren repetidores o una red Mesh. Tanto los módulos Serie 1 como Serie 2 pueden utilizar los modos AT y API.

## **2.18. Topologías de Red Zigbee**

### **2.18.1. Mesh o Malla**

Las redes inalámbricas malladas, redes acopladas, o redes de malla inalámbricas de infraestructura, para definir las de una forma sencilla, son aquellas redes en las que se mezclan las dos topologías de las redes inalámbricas, la topología Ad-hoc y la topología infraestructura. Básicamente son redes con topología de infraestructura pero que permiten unirse a la red a dispositivos que a pesar de estar fuera del rango de cobertura de los puntos de acceso están dentro del rango de cobertura de alguna tarjeta de red (TR) que directamente o indirectamente está dentro del rango de cobertura de un punto de acceso (PA).

Permiten que las tarjetas de red se comuniquen entre sí, independientemente del punto de acceso. Esto quiere decir que los dispositivos que actúan como tarjeta de red pueden no mandar directamente sus paquetes al punto de acceso sino que pueden pasárselos a otras tarjetas de red para que lleguen a su destino.

---

<sup>26</sup>El "chipset" es el conjunto (set) de chips que se encargan de controlar determinadas funciones del ordenador, como la forma en que interacciona el microprocesador con la memoria o la caché, o el control de los puertos.

<sup>27</sup>Free scale Semiconductor, Inc. es un fabricante [estadounidense](#) de [semiconductores](#). Creado a partir de la división de semiconductores de [Motorola](#) en [2004](#). Freescale se centra en el mercado de los [sistemas integrados](#) y las comunicaciones.

<sup>28</sup>Ember Empresarial proveedora de sensores inalámbricos y tecnologías de control de red, además es un promotor clave y miembro de la Junta de la Zigbee Alliance.

## 2.19. Tipos de Módulos XBEE

En la siguiente figura, se muestran los distintos tipos de módulos Xbee<sup>29</sup>:

Módulos Xbee serie 2, los módulos Xbee tienen un alcance en interiores de hasta 30mts y en exteriores el alcance llega hasta 100mts con antena dipolo que se muestra en la siguiente Figura.

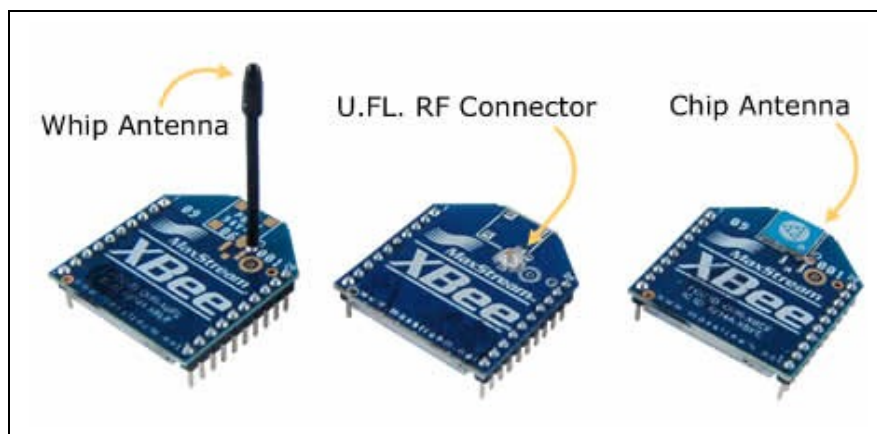


Figura 2.7. Tipos de Módulos Xbee

Fuente: <http://www.decelectronics.com/html/XBEE/XBEE.htm>

## 2.20. Software de Desarrollo

### 2.20.1. Lenguaje de Programación.

Los lenguajes de programación son idiomas artificiales diseñados para controlar el comportamiento de una máquina tanto físico y lógico, de ésta manera se expresa algoritmos, cálculos, modos de comunicación humana con suma precisión.

Están compuestos por un sin número de reglas, símbolos, sintaxis, elementos, expresiones definidas previamente que forman la base lógica y elemental del lenguaje.

<sup>29</sup> Los módulos XBee son dispositivos que integran un transmisor - receptor de ZigBee y un procesador en un mismo módulo, lo que le permite a los usuarios desarrollar aplicaciones de manera rápida y sencilla.

Análogamente un lenguaje de programación se acerca a la forma humana de comunicarse por tal motivo se conocen como lenguajes de alto nivel, al utilizar palabras, sentencias y estructuras semejantes al lenguaje natural.

El programador es el encargado de hacer que el lenguaje de programación se convierta en un programa listo para usar según las necesidades o la solución que se plantea.

Un lenguaje de programación necesita convertirse en un programa informático que controle o ejecute acciones, los siguientes pasos muestran cómo se consigue esto:

- Un desarrollo lógico del programa.
- Codificación del programa es decir, la escritura de la lógica del programa por medio del lenguaje de programación.
- Compilación del programa para convertirlo en lenguaje de máquina.
- Depuración del programa.

#### **2.20.2. Labview**

Labview es una herramienta de programación gráfica para pruebas, control y diseño, altamente productiva, para la construcción de sistemas de transmisión de datos, instrumentación y control. LabVIEW da la capacidad de crear rápidamente una interfaz de usuario que proporciona la interactividad con el sistema, también ofrece una gran flexibilidad gracias a un lenguaje de programación sin la complejidad de las herramientas de desarrollo tradicionales.

#### **2.20.3. Visual Basic**

Visual Basic, es un lenguaje de programación de los llamados "visuales", puesto que parte de la programación que se realiza con él se basa en la utilización de elementos visuales. La palabra "Visual" hace referencia al método que se utiliza para crear la interfaz gráfica de usuario. Visual Basic consiste en un editor de código fuente, un depurador que es el programa que corrige errores en el código fuente para que pueda



ser correctamente compilado, un compilador que es el encargado de traducir el código fuente a lenguaje de máquina, y un constructor de interfaz gráfica o GUI que es una forma de programar en la que no es necesario escribir el código para la parte gráfica del programa, sino que se puede hacer de forma visual.

#### **2.20.4. Visual C++**

Microsoft Visual C++, proporciona un entorno integrado de desarrollo eficaz y flexible que permite la programación orientada a objetos (POO) conjuntamente con el sistema de desarrollo SDK (también denominado API) de Windows. Se puede utilizar como un sistema de desarrollo integrado o como un conjunto de herramientas individuales.

Al ser un entorno integrado Visual C++ consiste en un editor de texto, un compilador/Enlazador, un depurador y un visor de datos de dependencias (Browser). Visual C++ permite generar aplicaciones Web, aplicaciones smart-client basadas en Windows y soluciones para dispositivos móviles thin-client y smart-client.

### **2.21. Herramientas de Simulación para Comunicación de Datos**

A continuación se describe herramientas de simulación y ruteo para que en los capítulos posteriores se seleccione la herramienta adecuada para la realización del proyecto.

#### **2.21.1. Proteus**

PROTEUS es un entorno integrado diseñado para la realización completa de proyectos de construcción de equipos electrónicos con microcontroladores en todas sus etapas: diseño, simulación, depuración y construcción. Se compone de cuatro elementos, perfectamente integrados entre sí ISIS, la herramienta para la elaboración avanzada de esquemas electrónicos, que incorpora una librería de más de 6.000 modelos de dispositivos digitales y analógicos ARES, la herramienta para la

elaboración de placas de circuito impreso con posicionador automático de elementos y generación automática de pistas, que permite el uso de hasta 16 capas. Con ARES el trabajo duro de la realización de placas electrónicas recae sobre el PC en lugar de sobre el diseñador. PROSPICE, la herramienta de simulación de circuitos según el estándar industrial SPICE3F5.

VSM, es la herramienta que permite incluir en la simulación de circuitos el comportamiento completo de los microcontroladores más conocidos del mercado.

PROTEUS es capaz de leer los ficheros con el código ensamblado para los microprocesadores de las familias PIC, AVR, 8051, HC11, ARM/LPC200 y BASIC STAMP y simular perfectamente su comportamiento. Incluso puede ver su propio código interactuar en tiempo real con su propio hardware pudiendo usar modelos de periféricos animados tales como displays LED o LCD, teclados, terminales RS232, simuladores de protocolos I2C, entre otros.

## **2.22. Base de Datos**

Una base de datos es un conjunto de información almacenada y ordenada en forma de registros (filas) y campos (columnas), mediante las cuales se recupera cualquier tipo de información como por ejemplo: referencias, documentos textuales, imágenes, datos estadísticos, datos que arroje un sistema etc.

Las bases de datos se han convertido prácticamente en el soporte esencial para cualquier sitio Web, intranet y otros sistemas de información en los que se requiera manejar grandes, medianos o pequeños volúmenes de información, a la cual pueden acudir cualquier tipo de usuario para realizar consultas o acceder a información que sea de su interés, convirtiendo en estos tiempos a la base de datos en una herramienta imprescindible en cualquier sistema informático.

- Características básicas que debe poseer una bases de datos:
- Redundancia mínima de información.
- Acceso concurrente por varios usuarios.
- Integridad de la información.

- Consultas complejas optimizadas.
- Seguridad de acceso a la información.
- Auditoria del acceso a la información.
- Respaldo y recuperación de la información.

Acceso a la base de datos a través de herramientas de programación.

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DE LA RED INALÁMBRICAS DE SENSORES

En este capítulo, se presentará un análisis previo al diseño de la solución, se dará a conocer cuáles son los requerimientos adecuados y mediante el estudio de éstos se escogerá el más apropiado, bajo los criterios establecidos de hardware como de software. Se procede a calificar en una tabla de forma numérica según el criterio de las características de cada componente que se utilizará en el prototipo que se construirá en base a la necesidad que presenta este tema de tesis, el componente de mayor puntaje será el que se utilice para el diseño del proyecto de tesis.

#### 3.1. Control Actual de Nivel de Crudo en los Tanques de Reserva.

##### 3.1.1. Medición de Hidrocarburos Líquidos

Medición manual astm d-1085 - API

La fiscalización manual o aforo, es la operación de medir el volumen del petróleo crudo que se encuentra dentro de un tanque de almacenamiento

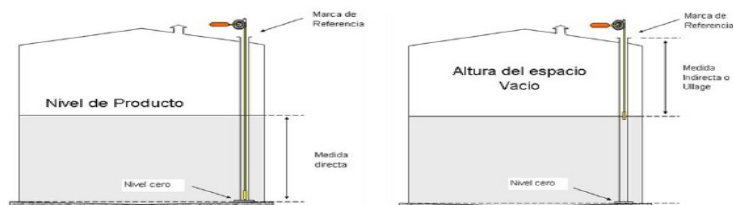


Figura 3.1. Tanques de almacenamiento

Fuente: <http://www.petrobell.com.ec/>

## Medición manual astm d-1085 – API



Figura 3.2. Medicion de variables tanques de almacenamiento

Fuente: <http://www.petrobell.com.ec/>

## Medición de la temperatura - astm d-1086

La determinación de la temperatura del crudo en los tanques de tierra es de suma importancia para el proceso de transferencia de custodia.



Figura 3.3. Medicion de variables tanques de almacenamiento

Fuente: <http://www.petrobell.com.ec/>

## Muestreo astm d-4057 –API

La obtención de resultados confiables y precisos en los análisis de laboratorio, depende precisamente de realizar un buen muestreo y que sea representativo de la porción de petróleo que se quiera analizar.

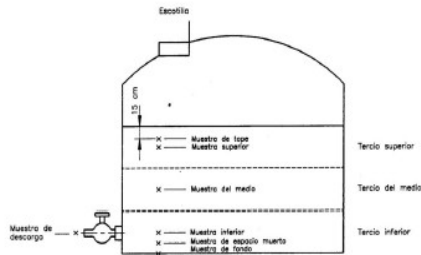


Figura 3.4. Medición de variables tanques de almacenamiento

Fuente: <http://www.petrobell.com.ec/>

NIVEL	SUPERIOR	MEDIO	INFERIOR
10 pies =<		X	
10 pies < Nivel =>15 pies	X		X
Nivel > a 15 pies	X	X	X

Tabla 3.1. Medición de variables tanques de almacenamiento

Fuente: <http://www.petrobell.com.ec/>

Datos de entrada en fiscalización de tanques.

DIRECTOS O PRIMARIOS	INDIRECTOS O SECUNDARIOS
Altura de Referencia	Corr. Techo Flotante (si es el caso)
Altura de Ref. Observada	Volumen Total Obs. (TOV)
Nivel de Líquido	Volumen Agua Libre
Nivel de Agua Libre	Volumen Bruto Obs. (GOV)
Temperatura Promedio	Factor Corr. Volumen (FCV)
Gravedad API @ 60°F	Volumen Bruto Est. (GSV)
Temperatura Ambiente	BS&W
% Agua y Sedim. (S+W)	Volumen Neto Est. (NSV)

Tabla 3.2. Medición de variables tanques de almacenamiento

Fuente: <http://www.petrobell.com.ec/>

Instrumentación



Figura 3.5. Variaciones de los tipos de instrumentación

Fuente: <http://www.petrobell.com.ec/>

Análisis de errores en operaciones de medición,

ANÁLISIS DE ERRORES EN OPERACIONES DE MEDICIÓN			
Tanque	Crudo		
DISTRIBUCION DEL POSIBLE ERROR			
		Vol. (Bls)	( % )
ERROR EN Sonda	( 1/8" )	-58.43	-0.13
ERROR EN CORTE DE AGUA	( 1/8" )	-48.64	-0.11
ERROR EN TEMPERATURA	( 1°F )	-69.61	-0.16
ERROR EN GRAVEDAD API	( 1°API )	-19.25	-0.04
ERROR EN BSW	( 0.05 % )	-95.45	-0.21
MAXIMO ERROR PROBABLE (1 TK)		-291.38	-0.65
EN UNA OPERACIÓN ANUAL :			
Se recibe en el Pto. Fiscalización, un Volumen anual aprox de :		4,745,000.00 Bls	
De recibir cada Tk aprox 50,000 Bls, entonces los Tks a moverse serán :		94.9 al Año	
Medida inicial y final		189.8	
En el peor de los casos se tendría un			(%)
ERROR acumulativo máximo de recepción (Bls):		-54,994.84 al Año	-1.16

Figura 3.6. Análisis de errores de operaciones de medición

Fuente: <http://www.petrobell.com.ec/>

Dado que existe gran variedad de errores al momento de la medición, se optará por medir de manera automática, siendo las ventajas descritas a continuación:

- Estabilidad comprobada a largo plazo
- Confiabilidad comprobada en el campo
- Sin obstrucciones de línea
- Sin caídas de presión
- Sin partes móviles
- Mantenimiento mínimo
- Medición bi-direccional
- Transductores extraíbles
- Sistema electrónico completamente digital
- Auto-diagnóstico extensivo
- Reporte con alarma inmediato
- Análisis de flujo continuo

Los nodos que componen las WSN aplicadas al censado remoto deben cumplir determinadas características para ser confiables y que su desarrollo sea factible. Para que una WSN pueda estar formada por un número elevado de nodos, es fundamental el bajo costo de los mismos, de lo contrario el costo total de la red sería muy elevado y su desarrollo inviable o no práctico.

Para registrar el nivel de Petróleo en los grandes tanques de almacenamiento distribuidos a lo largo del CPF<sup>30</sup>, se requiere módulos electrónicos que midan el nivel

<sup>30</sup>Centro de Facilidades de Proceso (CPF), por sus siglas en inglés.



de los tanques y estos a su vez tomen una decisión con la variación de estos datos. (Para el estudio del tema de tesis se utilizará el agua como líquido de prueba).

El costo de instalación y mantenimiento de cables de par trenzado, entre los tanques, para conectar los sensores es muy costoso, por la distancia entre los mismos y porque existen vías de comunicación (pasos de vehículos, personas, etc.) entre los tanques, por tanto se requirió la instalación de sensores que van a ser colocados dentro de los tanques en empaques sellados, para transmitir la actividad que se genera dentro de los mismos.

### **3.2. Análisis de las Tecnologías de las Redes Inalámbricas como Medio de Comunicación.**

Las tecnologías más comerciales en la actualidad son las siguientes:

#### **3.2.1. Wi-Fi.**

Se les denomina WLAN ("Wireless Local Area Network") ó redes de área local inalámbricas. Se trata de una tecnología de transmisión inalámbrica por medio de ondas de radio con muy buena calidad de emisión para distancias cortas (hasta teóricamente 100 m). Para el uso de redes "Wireless" es necesario que los dispositivos dispongan de un emisor ya sea integrado ó agregado para el uso de este tipo de red.

Este tipo de redes mantiene estándares como se visualiza en la tabla 3.1.

NOMBRE	TECNOLOGÍA	VELOCIDAD	CARACTERÍSTICAS
WIRELESS B	IEEE 802.11b	11 Mbps	Trabaja en la banda 2.4 Ghz
WIRELESS G	IEEE 802.11g	11/22/54 Mbps	Trabaja en la banda 2.4 Ghz
WIRELESS N	IEEE 802.11n	300 Mbps	Trabaja en la banda 2.4Ghz y 5Ghz

Tabla 3.3. Estándares de las redes Wireless.

Fuente: <http://repositorio/redes inalámbrica, tipos>.

### 3.2.2. Bluetooth

Esta tecnología de comunicaciones inalámbricas definida bajo el estándar IEEE 802.15.1 utilizada para la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos que admiten este estándar mediante radiofrecuencia en la banda ISM<sup>31</sup> de los 2,4 a 2,48 GHz con la posibilidad de transmitir en Full Duplex a una distancia de 10 metros (incluso atravesando objetos o paredes) de forma segura.

### 3.2.3. Zigbee

Es un estándar definido por la IEEE 802.15.4 cuya ventajas superan a la tecnología Bluetooth, trabaja en la banda libre 2.4 GHz, posee seguridad en sus módulos y en la transmisión de información, el alcance de transmisión varía entre los 100 mts a los 1500 mts, permite crear redes con una gran cantidad de nodos distribuidos en distintos lugares y con varias topologías: punto a punto, árbol, malla.

A continuación se puede visualizar las tecnologías con respecto a sus principales características en la tabla 3.4.:

	ZigBee	Bluetooth	WiFi
Aplicación	Monitoreo y Control	Reemplazo de cables	Web, Email, Video

<sup>31</sup>ISM (Industrial, Scientific and Medical) son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica. En la actualidad estas bandas han sido popularizadas por su uso en comunicaciones WLAN

Memoria usada	4 - 32 KB	más de 250 KB	más de 1 MB
Tiempo de vida del dispositivo, si opera con batería (medido en días)	más de 1000	hasta 7	hasta 5
Número máximo de esclavos	65000	7	32
Tasa de transmisión	20 - 250 Kbps	hasta 728 Kbps	hasta 54 Mbps
Rango de transmisión en metros	100	10	100
Consumo de corriente en transmisión	25 - 35 mA	40 mA	más de 100 mA
Consumo de corriente en standby	3 uA	200 uA	20 mA

Tabla 3.4. Características de las tecnologías inalámbricas.

Fuente: [http://redes\\_inlambricas\\_comerciales](http://redes_inlambricas_comerciales)

#### 3.2.4. Evaluación de tecnologías inalámbricas.

A continuación, se evaluará algunos aspectos para elegir la tecnología inalámbrica que formará parte del proyecto.

#### Resultados

Se muestran en la tabla 3.5, los resultados obtenidos de la calificación.

	WIFI	BLUETOOTH	ZIGBEE
Criterio	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Costos	5	6	9
Proveedores	8a	7	7
Precisión de calibración	8	6	7
Aplicaciones	9	6	8

Consumo Energético	6	6	9
Puntaje Total	36	31	40

Tabla 3.5. Resultados

Fuente: Autores Tesis

Basados en la tabla anterior, se identificó como solución ganadora, en base al análisis de las calificaciones, la tecnología que se empleará es ZIGBEE para el uso de este proyecto de tesis, está tipo de tecnología nos ayudará a la comunicación de varios dispositivos de la misma categoría extendiendo de esta manera la distancia de la red.

### 3.3. Análisis de Hardware

Entre los principales requerimientos de hardware se tiene, sensores de nivel, distancia y temperatura, los cuales toman del medio la información y la convierten en señales eléctricas, a su vez toman los datos censados a través de sus puertas de datos, y envían la información a la estación base, que realiza la interconexión entre la red de sensores con el fin de enviar los datos.

### 3.4. Sensores.

Existe una gama demasiado alta de sensores existentes en el mercado, para efecto de estudio de este proyecto se utilizarán los siguientes:

#### 3.4.1. Sensor de Ultrasonido.

La frecuencia de un ultrasonido comienza con 40 KHz. Los sensores de ultrasonidos detectan objetos a distancias de hasta 8m. Estos sensores trabajan solamente en el aire, y pueden detectar objetos con diferentes formas, colores, superficies y de diferentes materiales.

Las particulares características de los ultrasonidos, aplicada a los sensores de proximidad, son el resultado de la propagación de largas ondas mecánicas, que se

manifiestan por una variación periódica de la densidad del medio portador, que conduce a compresiones y dilataciones.

Se pueden citar las siguientes características:

- Rango de detección relativamente amplio (hasta varios metros).
- Detección del objeto independientemente del material y del color
- Detección segura de objetos transparentes (por ejemplo, botellas de vidrio).
- Relativamente insensibles a la suciedad y el polvo.
- Posibilidad de aplicaciones al aire libre y detección sin contacto con puntos de conmutación de precisión variable.
- La zona de detección puede dividirse a voluntad.
- Se dispone de versiones programables

El funcionamiento básico de los ultrasonidos se emplea como medidores de distancia. Se visualiza en la figura 2.1. La medición de un sensor de ultrasonido.

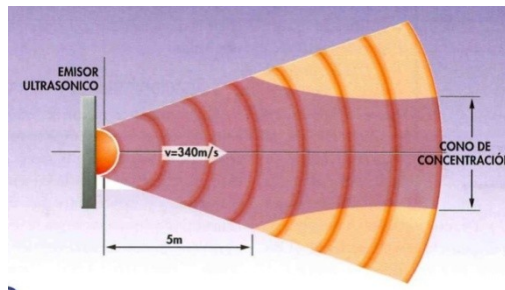


Figura 3.6. La medición de un sensor de ultrasonido.

Fuente:<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1455/1/CD-2729.pdf>

Midiendo el tiempo que transcurre entre la emisión del sonido y la percepción del eco se puede establecer la distancia a la que se encuentra el obstáculo que ha producido la reflexión de la onda sonora.

### 3.4.2. Sensor de Temperatura.

Disponible en una amplia variedad de tecnologías de sensor:

Capacidad de calibración, la mejor del sector, permite que los valores ofrezcan mayor precisión en funcionamiento con transmisores.

Precisión opcional de clase A para puntos críticos de medición de temperatura

Los diseños de termos tubulares ofrecen un tiempo de respuesta más rápido

- Precisión:  $\pm 0,2^\circ$  a  $20^\circ\text{C}$
- Resolución:  $0,16^\circ$  a  $20^\circ\text{C}$
- Dimensiones aproximadas: 3,0 x 4,1 x 1,7 cm
- Estanqueidad: Hasta 300 m.
- Precisión de medida del tiempo:  $\pm 1$  minuto por semana a  $20^\circ\text{C}$ .
- Tiempo de respuesta en agua: 5 minutos.
- Tiempo de respuesta en aire a 1 m/s: 20 minutos.

### **3.4.3. Sensores de nivel.**

Se basarán en la medida bien directamente de la altura de líquido, bien de la presión hidrostática, bien el desplazamiento de un flotador que descansa en el líquido, o bien a partir de características eléctricas del líquido.

Entre los sensores de nivel líquido se detallan:

Flotador: Consta de un flotador pendiente del techo del depósito por una barra a través del agua transmite el movimiento a una ampolla de mercurio con un interruptor si la fuerza del agua lo empuja emitirá información.

Presión diferencial: Consiste en un diafragma que mide la presión hidrostática en un punto en el fondo del depósito.

Por burbujeo: Se emplea un tubo sumergido en el líquido, a través del cual se hace burbujear aire mediante.

### **3.5. Análisis de Sensores de Temperatura.**

Actualmente existe una gran variedad de sensores de temperatura con distintas características y funcionalidades, motivo por el cual, se va a describir a los que reúnen las características necesarias para este proyecto.

### 3.5.1. Sensor de Temperatura TC1047

El sensor de temperatura TC1047 es lineal cuya tensión de salida es directamente proporcional a la temperatura medida, es utilizado principalmente en teléfonos celulares y baterías de equipos portátiles, además es utilizado como regulador de temperatura y en electrónica de consumo. A continuación se describe las características principales de este sensor.

En la siguiente tabla 3.4, se muestra las características más importantes de este sensor.

Descripción	Parámetro
Rango de Voltaje TC1047	2.7V a 4.4V
Rango de medición de temperatura	-40°C a 125°C
Convertidor de Precisión de Alta temperatura	$\pm 20^\circ\text{C}$ a $25^\circ\text{C}$
Pendiente de temperatura lineal	10 mV / $^\circ\text{C}$ (típ.)
Disponible en paquete de	3-pines SOT-23B
Corriente baja	Típico 35 $\mu\text{A}$

Tabla 3.4. Características Sensor de Temperatura TC1047

Fuente: <http://www.tme.eu/es/katalog/?art=TMIK001>

A continuación, se muestra el diagrama de bloques del sensor de temperatura TC1047.

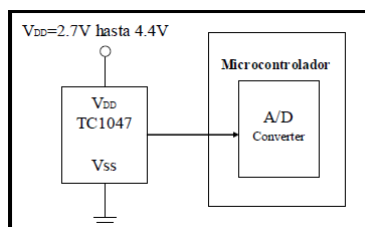


Figura 3.2. Diagrama de bloques Sensor de Temperatura TC1047

Fuente: <http://www.tme.eu/es/katalog/?art=TMIK001>

### 3.5.2. Sensor de Temperatura DS18S20

Este sensor, tiene características muy importantes las cuales se describen:

1-cable de interfaz, requiere sólo un pin del puerto de comunicación.

- Cada dispositivo tiene 64 bits de código de serie almacenados en ROM.
- Multi-drop de sensores de temperatura.
- Puede ser conectado a línea de datos.
- El usuario puede definir la configuración de la alarma no volátil.

- Alarma de búsqueda identifica y manda direcciones de los dispositivos cuya temperatura sea programados fuera de límites.

En la tabla 3.4, se describe los parámetros más comunes.

Descripción	Parámetro
Fuente de alimentación	de 3.0V a 5,5 V
-55 ° C a 125 ° C	-55 ° C a 125 ° C
Precisión	$\pm 0,5$ ° C desde -10 ° C a +85 ° C
Resolución del termómetro	9-bits

Tabla 3.4. Características del sensor de Temperatura DS18S20

Fuente: <http://www.tme.eu/es/katalog/?art=TMIK001>

A continuación, se presenta el diagrama de bloques con su respectiva distribución.

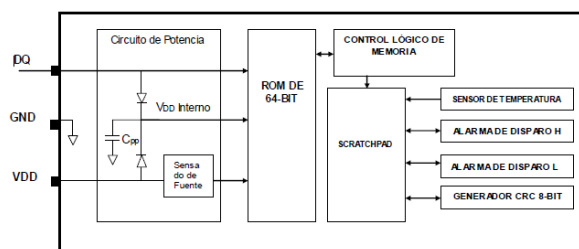


Figura 3.3. Diagrama de Bloques Sensor de Temperatura DS18S20

Fuente: <http://www.tme.eu/es/katalog/?art=TMIK001>

### 3.5.3. Sensor de Temperatura HU-10S

Sensor de Humedad y Temperatura para sistemas de aire acondicionado y monitorización, registradores de humedad, sistemas de monitorización. Provee valores de temperatura y humedad a través de una salida digital. No requiere componentes externos, y puede ser conectado directamente a un microcontrolador. A continuación se describen las características específicas del sensor HU-10S.

- Adecuado para aplicaciones remotas.
- Bajo costo.



- Bajo calentamiento espontáneo.

En la siguiente tabla 3.5, se muestra los parámetros más comunes del sensor HU-10S.

Descripción	Parámetro
Calibración	° Celsius (centígrados)
Rango de Voltaje de Operación	Voltaje DC $5.0 \pm 0.1V$
Corriente de Operación (Max)	2mA
Rango de Temp Almacenamiento (°C)	-20 – 70
Descripción	Parámetro
Estabilidad en trabajo de larga duración	$\pm 1.5\%$
Linealidad	Salida Lineal

Tabla 3.5. Características Sensor de Temperatura LM35

Fuente: <http://www.tme.eu/es/katalog/?art=TMIK001>

En la figura 3.4, se muestra el diagrama de bloques del sensor de temperatura HU-10S.

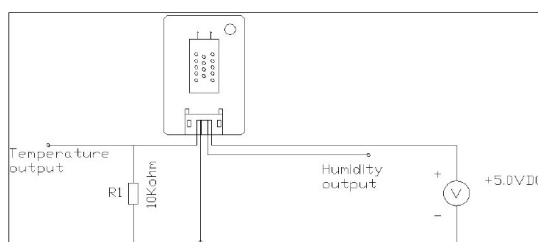


Figura 3.4. Diagrama de Bloques Sensor de Temperatura HU-10S.

Fuente: <http://www.tme.eu/es/katalog/?art=TMIK001>

### 3.5.4. Evaluación de los sensores de temperatura.

A continuación, se evaluará algunos aspectos para elegir el sensor que forme parte del proyecto.

### Resultados

Se muestre en la tabla 3.6, los resultados obtenidos de la calificación.

	SENSOR TC1047	SENSOR DS18S20	SENSOR HU-10S
Criterio	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Costos	7	6	9
Proveedores	7	7	8
Calibración	8	9	9
Aplicaciones	8	8	9
Consumo Energético	9	9	9
Puntaje Total	39	39	44

Tabla 3.6. Resultados

Basados en la tabla anterior, se identificó como solución ganadora, en base al análisis de las calificaciones, al sensor de temperatura y humedad HU-10S para el uso de este proyecto de tesis, este sensor medirá las variaciones de temperatura del medio ambiente.

### **3.6. Análisis de Sensores de Ultrasonido**

Este tipo de dispositivos están diseñados para localizar y detectar objetos a través del sonido, existen varios tipos de dispositivos dependiendo de la necesidad y la distancia que se pretenda medir a continuación se presenta varios tipos de sensores:

#### **3.6.1. LV-MaxSonar®-EZ2**



Figura 3.5. Sensor de ultrasonido

Fuente: [http:// Maxbotix LV-MaxSonar-EZ4 Sensor ultrasónico MB1040.htm](http://Maxbotix-LV-MaxSonar-EZ4-Sensor-ultrasónico-MB1040.htm)

Este sensor es un sonar muy pequeño y hábil. Detecta objetos en un rango de 0 a 6.5m con una resolución de 2.5cm para distancias mayores a 15cm. Con tres

protocolos de salida (activos simultáneamente) no se tendrá que preocuparse por una manera de obtener valores. Se podrá hacerlo usando:

- a) Pulso digital,
- b) voltaje analógico
- c) Serial.

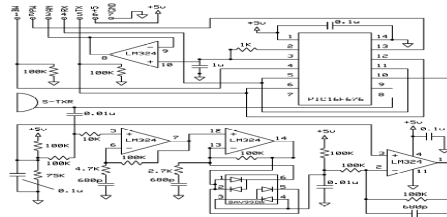


Figura 3.6. Circuito Sensor de ultrasonido

Fuente: [http:// Maxbotix LV-MaxSonar-EZ4 Sensor ultrasónico MB1040.htm](http://Maxbotix-LV-MaxSonar-EZ4-Sensor-ultrasónico-MB1040.htm)

### 3.6.2. The Parallax PING

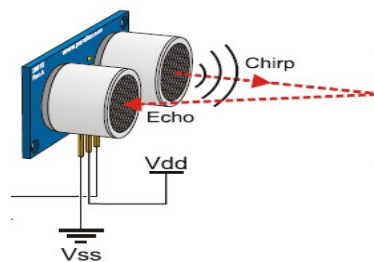


Figura 3.7. Sensor de ultrasonido

Fuente: [http:// Sensores\Loja Virtual da Aliatron\\_php.htm](http://Sensores\Loja Virtual da Aliatron_php.htm)

Este sensor de distancia de ultrasonido tiene precisión para medir distancias mínimas de 2 centímetros a 3 metros, este dispositivo es fácil de conectar con microcontroladores de las marcas BASIC Stamp o Propeller chip requiriendo un ping de entrada o de salida.

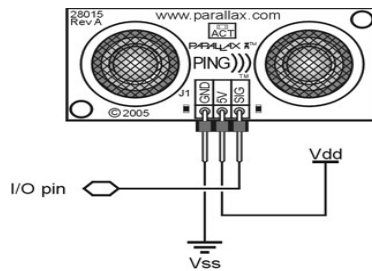


Figura 3.8. Circuito sensor de ultrasonido  
Fuente: [http:// Sensores/Loja Virtual da Aliatron\\_php.htm](http://Sensores/Loja Virtual da Aliatron_php.htm)

### 3.6.3. Sensor Ultrasónico SRF05



Figura 3.9. Sensor de ultrasonido  
Fuente: <http://srf05 sensor distancias ultrasonidos simple.htm>

El SRF05 cuenta con un nuevo modo de trabajo que emplea un solo pin para controlar el sensor y hacer la lectura de la medida. Lo que se hace es mandar un impulso para iniciar la lectura y luego poner el pin en modo entrada. Después basta con leer la longitud del pulso devuelto por el sensor, que es proporcional a la distancia medida por el sensor. El SRF05 es mecánicamente igual al SRF04, por lo que puede ser un sustituto de este.

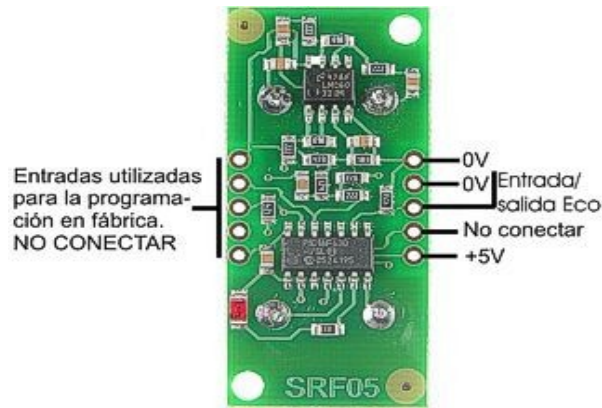


Figura 3.10. Circuito Sensor de ultrasonido

Fuente: <http://SRF05 SENSOR DISTANCIAS ULTRASONIDOS SIMPLE.htm>

A continuación, se evaluará algunos aspectos para elegir el sensor que forme parte del proyecto.

#### 3.6.4. Evaluación de los sensores de ultrasonido.

##### Resultados

Se muestre en la tabla 3.7, los resultados obtenidos de la calificación.

	LV-MaxSonar®-EZ2	The Parallax PING	Sensor Ultrasonico SRF0
Criterio	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Costos	9	6	4
Proveedores	7	7	7
Precisión de calibración	6	7	9
Aplicaciones	8	8	9
Consumo Energético	9	8	8
Puntaje Total	39	36	37

Tabla 3.7. Tabla de Resultados

Fuente: Autores Tesis

Basados en la tabla anterior, se identificó como solución ganadora, en base al análisis de las calificaciones, al sensor de ultrasonido LV-MaxSonar®-EZ2 para el uso de

este proyecto de tesis, este dispositivo se utiliza para medir el nivel en el que se encuentra el líquido existente en los tanques.

### 3.7. Análisis de Actuadores

Para el desarrollo didáctico del proyecto se utilizará bombas de agua que se describe a continuación en el campo de la industria petrolera se utilizan bombas de crudo. Las bombas de agua son también conocidas bajo el nombre de bomba hidráulica. Se utiliza para mantener un líquido en movimiento y así aumentar su presión. A continuación se describe los tipos de bombas de agua que reúnen las características para este proyecto.

#### 3.7.1. Bomba de Agua OEM19

Esta bomba tiene una excelente característica construida y el diseño flexible para satisfacer necesidades específicas del cliente.

Se puede ajustar de forma automática, estas bombas tienen una vida más larga.

En la tabla.3.8, se muestra los parámetros más comunes.

Descripción	Parámetro
Velocidad	0 a 600 rpm,
Tasas de flujo	2.9-1600ml/min
Control de velocidad	Rotar y codificada interruptor
Condición de funcionamiento	La temperatura a 0 40&deg; c, la humedad relativa& #& 80%
Suministro de energía	Ac220v 50hz/
Peso	2.6kg

Tabla 3.8. Características bomba WaterPump

Fuente: <http://www.tme.eu/es/katalog/?art=TMIK001>

A continuación, se presenta el diagrama de estructural con su respectiva distribución.

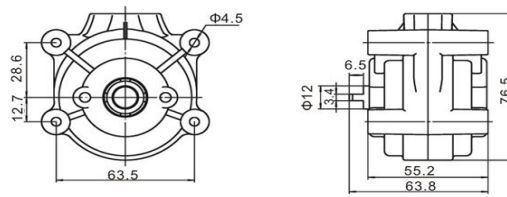


Figura 3.11. Diagrama de estructura bomba de agua WaterPump

Fuente: <http://www.tme.eu/es/katalog/?art=TMIK001>

### 3.7.2. Bomba de Agua TL-C07

Su uso especial de diseño de impulsor cerrado. En la tabla 3.9, se muestra los parámetros más comunes.

Descripción	Parámetro
velocidad máxima de flujo	( l/m )
tensión nominal	12v
el máximo de agua la cabeza	5m
condición de funcionamiento	La temperatura a 0 40&deg; c, la humedad relativa& #& 80%
Consumo Energético	( w )
Peso	2.1.kg

Tabla 3.9. Características bomba TL-C07

Fuente: Autores Tesis

A continuación, se presenta el diagrama de estructural con su respectiva distribución.

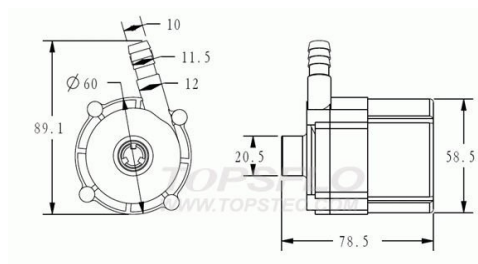


Figura 3.12. Diagrama de estructura bomba de agua TL-C07

Fuente: <http://www.tme.eu/es/katalog/?art=TMIK001>

### 3.7.3. Bomba de Agua SC3711PW

Una de sus ventajas es que es de una larga vida, bajo nivel de ruido, bajo consumo de energía, también puede ser utilizado para circulación de agua caliente, fuerte capacidad soportable, la resistencia al ácido débil de la corrosión. Puede ser reciclado. En la tabla 3.10, se muestra los parámetros más comunes.

Descripción	Parámetro
RoterVoltage	DC 6.0 V
RatedCurrent	120mA
WaterPresure	15PSI
WaterFlow	800ml
NoiseLevel	65 dB
AplyFor	Water

Tabla 3.10. Características bomba SC3711PW

Fuente: <http://www.tme.eu/es/katalog/?art=TMIK001>

### 3.7.4. Evaluación de los Actuadores.

Resultados

Se muestre en la tabla 3.11, los resultados obtenidos de la calificación.

	Bomba de Agua OEM19	Bomba de Agua TL-C07	Bomba de Agua SC3711PW
Criterio	Puntaje	Puntaje	Puntaje



Costos	6	7	6
Proveedores	7	7	7
Precisión de calibración	5	6	7
Aplicaciones	9	9	9
Consumo Energético	6	6	7
Puntaje Total	33	35	36

Tabla 3.11. Resultados

Fuente: Autores Tesis

De los actuadores de agua expuestos anteriormente, se ha elegido la bomba de agua SC3711PW, esta bomba tienen como características principales su larga vida, un alto rendimiento, su fácil uso y un muy bajo consumo, sin necesitar los picos de arranque (hasta 3 veces la potencia nominal) de las bombas tradicionales, esta bomba se encargará del llenado de los tanques didácticos de agua.

### 3.8. Análisis de Módulos

Para evaluar que la solución sea la apropiada, se realizará un análisis de factibilidad, en base a los criterios que se establecen en la tabla 3.3. La evaluación se realizará asignando valores comprendidos de 1 a 10, siendo el último el valor más significativo.

#### 3.8.1. Módulo TmoteSky

Características principales:

- El transceptor cumple con el estándar IEEE802.15.4
- Opera a una frecuencia de 2.4Ghz en la banda libre ISM
- Alcanza una velocidad de transferencia de datos de 250 kbps.
- El fabricante del  $\mu$ C es Texas Instruments.
- Bajo consumo.
- Rápido en despertar ( $<6\mu$ s)

- Interfaz USB para poder programarlo.



Fig. 3.13. Módulo Tmote Sky

Fuente: <http://www.tme.eu/es/katalog/?art=TMIK001>

### 3.8.2. Módulo MICAz

Características principales:

- Este módulo cumple con el estándar IEEE802.15.4 LR PAN estándar.
- Alcanza una velocidad de transferencia de datos de 250 kbps.
- Tiene una interfaz USB para programarlo.
- Tiene integrado un conector para un sensor de temperatura, luz, presión barométrica, aceleración, acústica y parámetros magnéticos.

### 3.8.3. Módulo Xbee

Características principales:

- Opera a una frecuencia de 2.4Ghz en la banda libre ISM (Instrumentación Medical and Scientific).
- Alcanza una velocidad de transferencia de datos de 250 kbps.
- Tiene una interfaz USB para programarlo.
- Tiene integrado un conector para un sensor de temperatura, luz, presión, aceleración, acústica y parámetros magnéticos.
- El fabricante del  $\mu$ C es Texas Instruments.
- Bajo consumo.

### 3.8.4. Evaluación de los módulos.

#### Resultados

En esta tabla, se calificará los resultados de las evaluaciones y se describe los métodos utilizados, dentro de la siguiente tabla 3.12.

	<b>XBEE</b>	<b>TmoteSky</b>	<b>MICAz</b>
Criterio	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Costos	7	5	4
Proveedores	8	8	4
Características técnicas	8	8	8
Cobertura	9	7	8
Consumo Energético	10	6	8
Puntaje Total	42	34	32

Tabla 3.12. Resultados

Fuente: Autores Tesis

Basados en la tabla anterior, se identificó como solución ganadora, en base al análisis de las calificaciones, es la solución XBEE para el uso de este proyecto de tesis, este módulo transmitirá la información recolectada por el microcontrolador.

### 3.9. Análisis de las Series XBEE

Otro factor a tomar en cuenta son las dos series que ofrecen los módulos Xbee serie 1 y serie 2 cada una con sus propias características, cabe señalar que estas dos series no son compatibles entre ellas. En la siguiente tabla 3.13, se definen las características.

	Xbee Series 1	Xbee Series 2
Alcance	100 ft. (30m)	133 ft. (40m)
Potencia de salida	1 mW (0dbm)	2 mW (+3dbm)
Transmisión	250 Kbps	250 Kbps
Voltaje de Alimentación	2.8 - 3.4 V	2.8 - 3.6 V
Consumo Rx	45mA	40mA

	Xbee Series 1	Xbee Series 2
Consumo Tx	50Ma	40Ma
Frecuencia	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
Temperatura de Funcionamiento	-40 to 85 C	-40 to 85 C
Tipos de Antena	Chip, Integrated Whip, U.FL	Chip, Integrated Whip, U.FL <sup>32</sup> , RPSMA <sup>33</sup>
Topologías	Point to point, Star	Point to point, Star, Mesh

Tabla 3.13. Diferencias entre Módulos Xbee Serie 1 y 2

Fuente: Autores Tesis

### 3.9.1. Evaluación de las series.

#### Resultados

En esta tabla, se calificará los resultados de las evaluaciones y se describe los métodos utilizados, dentro de la siguiente tabla 3.14.

	Xbee Series 1	Xbee Series 2
Criterio	Puntaje	Puntaje
Costos	7	5
Proveedores	8	8
Características técnicas	8	8
Cobertura	9	7
Consumo Energético	10	6
Puntaje Total	42	34

Tabla 3.14. Resultados

Fuente: Autores Tesis

En éste proyecto de tesis se empleará 4 módulos Xbee Serie2 (debido a que los Xbee serie1 no se configuran en topología Malla) marca DIGI para la implementación de la red topología MESH/MALLA con características técnicas que serán descritas a continuación:

- Modelo: XB24-Z7WIT-004

<sup>32</sup>U.FL, un conector coaxial de RF en miniatura para señales de alta frecuencia fabricados por Hirose Electric Group.

<sup>33</sup>RPSMA Reverse-polarity SubMiniature version A (conectores de polaridad inversa Sub Miniatura versión A).

- Compatibilidad: Solo con otros módulos Xbee Serie 2 (no es compatible con la serie Xbee 1)
- Alcance: 40 m para interiores y 120 m en el exterior (en exterior siempre y cuando se cuente con línea de vista)
- Configuración: Comandos API o AT, local o por el aire 10 E / S digitales y (4) entradas ADC
- Banda de frecuencia: 2.4 GHz aceptada en todo el mundo
- Potencia de transmisión: 1,25 mW (1dBm)
- Antena: Alambre
- Velocidad de Transmisión: 250 kbps / hasta 1 Mbps
- Topología: Malla
- ID: PAN ID, MAC IEEE de 64 bits
- Voltaje de alimentación: 2,1 a 3,6 VCC



Figura 3.14. Fotografía Módulo Xbee Serie2

Fuente: <http://www.bricogeek.com/shop/43-xbee-2mw-serie-25-con-antena.html>

### 3.10. Análisis de Microcontroladores

En el mercado se encuentran diferentes marcas de Microcontroladores como Motorola, Siemens, Atmel con sus famosos AVR's, y uno de los más populares y por ende más usados los PIC's de Microchip Technology, estos últimos combinan una alta calidad, bajo costo y excelente rendimiento, poniendo en consideración la fácil transmisión, costo, desempeño, soporte que ofrecen los Microcontroladores PIC se ha considerado en adoptar éstos, como parte del sistema, a continuación, se hará un breve análisis comparativo para determinar cuál microcontrolador se utilizará:

Gamas existentes de Microcontroladores PIC's:

- Gama Baja o básica Microcontroladores 16C5X: Son Pícs con una serie de recursos limitados, se encuentran con 18 o 28 pines y se alimenta con una tensión de 2.5v, son ideales para aplicaciones que funcionan con pilas, poseen 33 instrucciones con formato de 12 bits, no admite interrupción y la pila tiene dos niveles.
- Gama Media Microcontroladores 16FXXX: Aquí se encuentra un completo y variado grupo de PICs que abarcan los modelos de 18 a 68 patitas, que controlan varios periféricos.
- Gama Alta Microcontroladores 17CXXX: Maneja hasta 58 instrucciones de 16 bits, contiene un potente sistema de interrupciones, incluye variados controladores de periféricos, puertas de comunicación serie y paralelo, pueden ser ampliarlos con hardware externo.
- Gama Mejorada Microcontroladores 18FXXX: con instrucciones de 16 bits. La gama mejorada de los PICS fueron diseñados para soportar aplicaciones avanzadas de automatización. Cuentan con una gran velocidad (40 MHz) y un gran rendimiento.

Al hacer una comparación con los Microcontroladores PICs de gama Media y Alta se pudo notar que existe una diferencia, como es la mayor capacidad de memoria Flash, más módulos internos, más pines, y su set de instrucciones permite hacer programas en menos espacio. Un punto muy importante de destacar es que entre los PICs 16FXXX y los 18FXXX no existe mucha diferencia de costos y en algunos casos es menor, por esto también son más cotizados.

### 3.10.1. Evaluación de los Microcontroladores.

#### Resultados

Se muestre en la tabla 3.15, los resultados obtenidos de la calificación.

	MICROCONTROLA DOR 16FXXX	MICROCONTROL ADOR 17CXXX	MICROCONTROL ADOR 18FXXX
--	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Criterio	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Costos	7	6	7
Proveedores	9	9	9
Rendimiento	7	7	7
Capacidad de Memoria	8	6	7
Consumo Energético	9	7	8
Puntaje Total	40	35	38

Tabla 3.15. Resultados

Fuente: Autores Tesis

Basados en la tabla anterior, se identificó como solución ganadora, en base al análisis de las calificaciones, a la solución MICROCONTROLADOR 16FXXX para el uso de este proyecto de tesis.

Entre los microcontroladores más conocidos con esta denominación 16FXXX se tiene a los siguientes:

16F628A

Es la opción típica para iniciar una migración o actualización de diseños antiguos hechos con el PIC 16F876A.

Posee puerto serial, módulos de comparación análoga, PWM, módulo CCP, rango de operación de voltaje aumentado, entre otras

- 16F876A
- Microcontrolador PIC 16F876A de 8 bits fabricado por Microchip.
- Memoria ROM: 8Kb
- Memoria RAM: 368 x 8 bytes
- Pines I/O:22
- Frecuencia: 20 MHz con cristal externo
- Permite programación ICSP
  
- 16F877A
- Microcontrolador PIC 16F877A de 8 bits fabricado por Microchip.
- Memoria ROM: 8Kb
- Memoria RAM: 368 x 8 bytes
- Pines I/O: 33
- Frecuencia: 20 MHz con cristal externo

- Permite programación ICSP<sup>34</sup>

De la lista anterior descrita se escoge al 16F876A por sus características antes mencionadas para el desarrollo del proyecto, este microcontrolador recibirá la información proveniente de los sensores.

### **3.11. Análisis de Software**

Se analizarán los diferentes programas con el cual será implementado el sistema.

### **3.12. Análisis para la Programación de Microcontroladores.**

Se detalla a continuación las herramientas de desarrollo para los microcontroladores, en base a ese contenido se realiza el siguiente análisis:

### **3.13. MikroBasic**

Es una excelente herramienta para programar Microcontroladores mediante el lenguaje Basic.

Características:

- mikroICD – Depurador en Circuito.
- Gestor de proyectos: permite a los usuarios gestionar múltiples proyectos.
- Explorador de Código: permite supervisar las variables, funciones, procedimientos que se están usando.
- Administrador de Librerías: permite ver las librerías que se están utilizando y se almacenadas al momento de compilar el programa.
- Asistente de código: Ahorra tiempo al momento de escribir código.

---

<sup>34</sup> ICSP significa In Circuit Serial Programming, es un conector que disponen algunas placas mediante el cual podemos actualizar o reprogramar el chip sin sacarlo del zocado de donde lo tenemos colocado en un proyecto, algunos programadores disponen de este conector para unir el programador con la placa que contiene el chip a programar.



#### **3.13.1. Microcode Studio**

- Es una herramienta muy potente para la programación de Microcontroladores en lenguaje Basic.
- Tiene un explorador de código que permite incluir archivos, constantes, variables, modificadores y etiquetas que están dentro del código fuente que se genera, de igual forma posee características de búsqueda y reemplazo.
- Contiene una ventana de mensajes de error basta con hacer clic sobre el error y automáticamente el Microcode Studio te llevará a la línea de código donde se encuentra el error, también tiene una ventana de comunicaciones, que permite depurar y ver la salida del microcontrolador.

#### **3.13.2. Proton**

Proton Development es un software para la programación de Microcontroladores PIC, contiene un entorno de desarrollo integrado (IDE), y también un entorno de simulación virtual. Proton IDE – permite un desarrollo más rápido e intuitivo de la programación de micro controladores PIC, posee una amplia librería la cual esta presta a cubrir las necesidades del microcontrolador. Este software permite realizar simulaciones del código en tiempo real con el módulo de simulación de ISIS.

#### **3.13.3. Evaluación para la programación de microcontroladores.**

Resultados.

En la comparación que se realizó con las herramientas de desarrollo se efectuó una evaluación que se muestre en la tabla 3.16, los resultados obtenidos de la calificación.

	MIKROBASIC	PROTON	MICROCODE STUDIO
Criterio	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Costos	8	7	9
Proveedores	8	7	8
Rendimiento	9	9	9
Operatividad	7	8	8
Licencias	9	9	9
Puntaje Total	41	40	43

Tabla 3.16. Resultados

Fuente: Autores Tesis

Basados en la tabla anterior, se identificó como solución ganadora, en base al análisis de las calificaciones, a la solución MICROCODE STUDIO para el uso de este proyecto de tesis.

### 3.14. Análisis de la Programación de la Interfaz

Es necesario realizar un programa para la visualización de los resultados de la transmisión de la red, para ello, se diseñará la interfaz gráfica mediante un lenguaje de programación analizado.

Existen varias herramientas o editores en las que se programa, entre las más populares se tienen:

#### 3.14.1. Eclipse

Plataforma Open Source<sup>35</sup> de Desarrollo para aplicaciones basadas en Java y otros lenguajes. La plataforma Eclipse consiste en un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE, Integrated Development Environment) abierto y extensible. Un IDE es un programa compuesto por un conjunto de herramientas útiles para un desarrollador de software. Como elementos básicos, un IDE cuenta con en un editor de código, un compilador/intérprete y un depurador. Eclipse sirve como IDE Java y cuenta con numerosas herramientas de desarrollo de software. También da soporte a otros lenguajes de programación, como son C/C++, Cobol, Fortran, PHP o Python. A la

<sup>35</sup>Código abierto es el término con el que se conoce al [software](#) distribuido y desarrollado libremente.

plataforma base de Eclipse se le pueden añadir extensiones (plugins) para extender la funcionalidad.

El término Eclipse además identifica a la comunidad de software libre para el desarrollo de la plataforma Eclipse.

### **3.14.2. Netbeans**

Herramienta para programadores pensada para escribir, compilar, depurar y ejecutar programas java, agradable y fácil manipulación de su entorno gráfico. El IDE ha sido desarrollado para distintas plataformas como Linux, MacOS X, Solaris y tambien Windows. El IDE de NetBeans es gratuito, y de código abierto para desarrolladores de software, las herramientas necesarias para crear aplicaciones profesionales para entornos de escritorio, empresa, web y móviles, ya sea en C/C++, Java e incluso Ruby.

### **3.14.3. Visual Basic.**

Visual Basic es un lenguaje de programación dirigido por eventos, contiene un entorno de desarrollo integrado que integra editor de textos para edición del código fuente, un depurador, un compilador (y enlazador) y un editor de interfaces gráficas o GUI. Aunque Visual Basic es de propósito general, también provee facilidades para el desarrollo de aplicaciones de bases de datos usando Data Access Objects, Remote Data Objects o ActiveX Data Objects.

### **3.14.4. Evaluación para la programación la Interfaz.**

Resultados.

Se muestre en la tabla 3.17, los resultados obtenidos de la calificación a los diferentes tipos de interfaz gráfica mediante un lenguaje de programación.

	VISUAL BASIC.NET	NETBEANS	VISUAL BASIC 6.0
Criterio	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Bajo Costo	5	8	7

Proveedores	9	7	9
Rendimiento	7	6	6
Capacidad de Memoria	7	7	6
Operatividad	5	7	8
Puntaje Total	33	35	36

Tabla 3.17. Resultados

Fuente: Autores Tesis

Basados en la tabla anterior, se identificó como solución ganadora, en base al análisis de las calificaciones, a la solución VISUAL BASIC 6.0 para el uso de este proyecto de tesis.

### 3.15. Análisis del Gestor de Bases de Datos.

Se analizarán 3 gestores de Base de Datos de los cuales sólo se utilizará uno para la implementación del proyecto de tesis:

En la siguiente tabla, se muestra las ventajas y desventajas de los gestores de bases de datos analizados anteriormente.

HERRAMIENTA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
SQL Server	Escalable Administrable Segura	Precio de las licencias No es multiplataforma
Oracle	Multiplataforma Es potente Altamente Estable Soporte de transacciones	Alto precio en las licencias Difícil configuración

MySQL	Open Source Portabilidad entres sistemas operativos Fácil instalación y configuración Gestión de Usuarios Continuas Actualizaciones	No soporta procedimientos almacenados No es intuitivo Utilidades no documentadas
PostgreSQL	Multiplataforma Disparadores Procedimientos Almacenados Licencia libre	Al realizar sentencias Insert y Update es un poco más lento a relación de otros. Información sobre sus fortalezas Todavía no es muy difundido

Tabla 3.18. Ventajas y desventajas Servidores de Bases de Datos

Fuente: Autores Tesis

### 3.15.1. Evaluación para el gestor de base de datos.

Resultados.

Se muestre en la tabla 3.19, los resultados obtenidos de la calificación a los diferentes tipos de interfaz gráfica mediante un lenguaje de programación.

	SQL SERVER	ORACLE	ACCESS
Criterio	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Costos	5	7	7
Proveedores	9	8	9
Rendimiento	9	9	7
Compatibilidad	7	6	9
Operatividad	7	5	8
Puntaje Total	39	37	40

Tabla 3.19. Resultados

Fuente: Autores Tesis

Basados en la tabla anterior, se identificó como solución ganadora, en base al análisis de las calificaciones, a la solución access para el uso de este proyecto de tesis.

### **3.16. Análisis de los Simuladores de Circuitos Electrónicos**

En su gran mayoría todos los simuladores de circuitos electrónicos son con licencia propietaria debido a que su desarrollo conlleva a que los productos terminados sean comercializados, a excepción de algunos simuladores que son orientados más para el aprendizaje en instituciones educativas que cuentan con licencias gratuitas como es el caso de Logic Circuitic, ElectroWin, MultiSIM, etc., con la gran desventaja de no tener funciones avanzadas al momento de diseñar circuitos y en si son versiones muy limitadas.

Esta desventaja no presentan los simuladores más sofisticados como es el caso de Protel, Proteus, OrCad (entre los más conocidos y usados) que traen una extensa lista de librerías de dispositivos electrónicos y hasta de microprocesadores, convirtiéndole al diseño de circuitos en una tarea más sencilla, rápida, inteligente y óptima de ejecutar.

#### **3.16.1. Protel DXP**

Protel DXP, es un software de la empresa Altium creada para el diseño y la realización de prototipos electrónicos que utiliza un moderno y amigable entorno de trabajo, además incluye una vista en 3D del circuito, es un sistema completo para entornos Windows y proporciona un conjunto de herramientas integradas. Protel permite hacer básicamente dos cosas; Una, es el de crear el esquema del circuito y la otra es la creación de la PCB (placa de circuito para imprimir).

#### **3.16.2. P-Cad**

Es una herramienta de diseño para PCB<sup>36</sup>, brinda soluciones de circuitos de alta velocidad, e integra grandes dispositivos BGA<sup>37</sup> en flujos de diseño o trata con problemas complejos de integridad, además posee un intuitivo editor de

---

<sup>36</sup>tarjeta de circuito impreso, printed circuit board

<sup>37</sup>Ball Grid Array son soldaduras cuyo fin es unir un componente a la placa base de un equipo informático

esquemáticos diseñado específicamente para realizar PCB y contiene librerías completamente integradas para brindar el poder de realizar los más complejos diseños.

### 3.16.3. Proteus

Es un entorno integrado diseñado para la realización completa de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño, simulación, depuración y construcción.

### 3.16.4. Evaluación de los simuladores de circuitos electrónicos.

Resultados

Se muestra en la tabla 3.20, los resultados obtenidos de la calificación establecidos a los simuladores de los circuitos electrónicos.

	PROTEL DXP	P-CAD	PROTEUS
Criterio	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Costos	7	6	9
Interfaz	7	5	8
Rendimiento	8	9	9
Simulación	9	9	9
Diseño	9	7	9
Puntaje Total	39	36	44

Tabla 3.20. Resultados

Fuente: Autores Tesis

Basados en la tabla anterior, se identificó como solución ganadora al proteus, en base al análisis de las calificaciones.

### **3.17. Análisis de la Interfaz de Comunicación entre los Microcontroladores y la Computadora.**

Existen algunas interfaces de comunicación serial entre los microcontroladores y los computadores entre los cuales se tiene:

#### **3.17.1. Usb**

Universal Serial Bus es una interface plug&play entre la PC y ciertos dispositivos tales como teclado, mouse, scanner, impresoras, módems, placas de sonido, cámaras, etc. Permite a los dispositivos trabajar a velocidades mayores, en promedio a unos 12 Mbps, esto es más o menos de 3 a 5 veces más rápido que un dispositivo de puerto paralelo y de 20 a 40 veces más rápido que un dispositivo de puerto serial.

#### **3.17.2. RS2-32**

Posiblemente el más conocido y popular es el "Recomended Standard 232". El RS-232 es una norma para la conexión entre un DTE<sup>38</sup> y un DCE<sup>39</sup>

#### **3.15.3. Ethernet**

Ethernet, una tecnología originalmente utilizada para los grandes anchos de banda y bajo coste de las redes de área local (LAN) empresariales, se utiliza ahora para las redes de operadores.

---

<sup>38</sup>Es un Equipo Terminal de Datos. Se considera DTE a cualquier equipo informático, sea receptor o emisor final de datos.

<sup>39</sup> Comprender convertidores de señales, generadores de temporización, regeneradores de impulsos y dispositivos de control, junto con el equipo con otras funciones como protección contra errores o llamada y respuesta automáticas.



### 3.17.3. Evaluación de la interfaz de comunicación entre los microcontroladores y la computadora.

#### Resultados

A continuación, se calificará la interfaz a utilizar en el proyecto en la siguiente tabla 3.21.

	USB	RS232	ETHERNET
Criterio	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Costos	9	6	6
Proveedores	9	9	9
Rendimiento	7	6	9
Puntaje Total	25	21	24

Tabla 3.21. Resultados

Fuente: Autores Tesis

Basados en la tabla anterior, se identificó como solución ganadora, en base al análisis de las calificaciones, a la solución USB para el uso de este proyecto de tesis.

Para el diseño de la red inalámbrica se realizó la selección de equipos de acuerdo a las características que presentan las marcas de productos inalámbricos más destacadas; se desarrolló también los análisis de cobertura que involucran la medición de potencia de las señales de acuerdo a la estructura y distribución de puntos para obtener una comunicación de alta velocidad. Luego de esto se realizó la configuración de los puntos de acceso que se presentan en el diseño.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICAS DE SENSORES WSN.**

En este capítulo se presentará el diseño de hardware bajo los criterios establecidos, que se calificaron en el capítulo anterior iniciando desde la elaboración del esquemático hasta culminar con la elaboración de la placa del prototipo para la red WSN, así mismo, se describirá el diseño del software tanto para el microcontrolador como para la interfaz de computadora.

#### **Topología**

La topología de red que se implementa en este sistema WSN es malla o Mesh, brinda un alto grado de disponibilidad ante posibles fallas en los nodos y proporciona un alcance de distancia superior que cualquier otra topología no posee.

#### **Tipo de arquitectura**

El tipo de arquitectura utilizado en la WSN se refiere al modo en que se van a ubicar los diferentes elementos de control del sistema, es decir, este criterio se refiere a donde reside la inteligencia del sistema coordinador.

#### 4.1. Diseño Esquemático de la Red Inalámbrica de Sensores

En la figura 4.1, detalla con claridad la topología, tipo de arquitectura y medios de transmisión usados en este diseño, también están detallados los sensores y actuadores que tendrá conectado cada módulo Xbee.

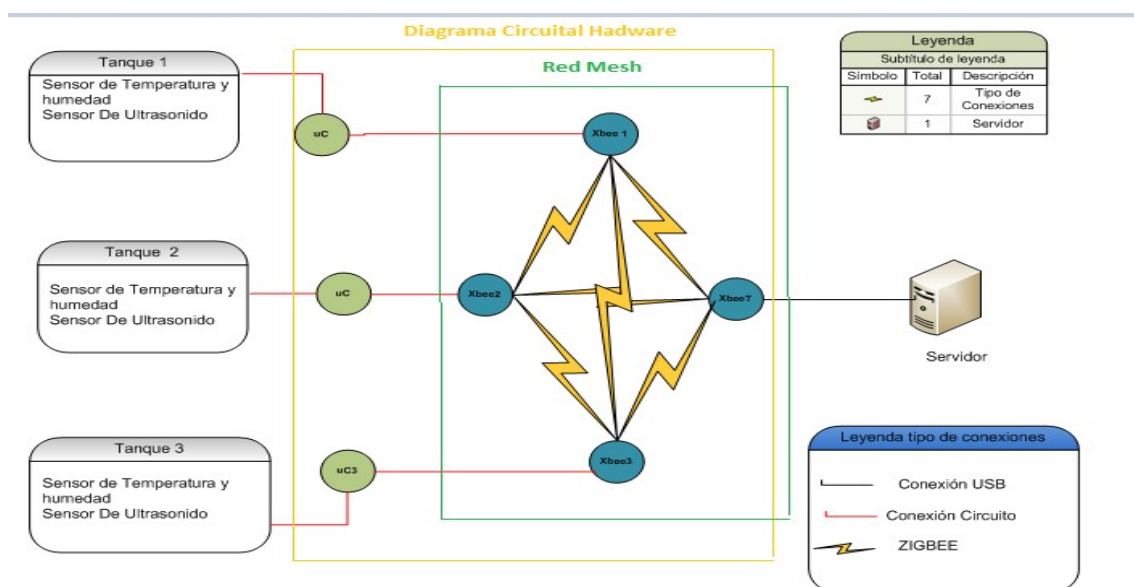


Figura 4.1. Diseño de la solución

Fuente: Autores Tesis

Cuadro explicativo de las funciones en la mota

ELEMENTO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	Tanque de reserva	Tanque donde se almacena el petróleo
	Microcontrolador	Recepta información proveniente de los sensores
	Xbee Coordinador	
	Xbee Transmisor	Envía información obtenida de los microcontroladores de forma inalámbrica


	Base de Datos (Servidor)	Equipo donde se muestra información obtenida de los sensores
---	--------------------------	--

Tabla 4.1. Cuadro explicativo

Fuente: Autores Tesis

En el diagrama anterior se observa tres tanques que se llenarán de agua a su vez dichos tanques contienen los sensores de temperatura y humedad, de ultrasonido, que son los encargados de enviar la información censada cada uno de los microcontroladores , “cada tanque tiene un microcontrolador “, que a su vez cada microcontrolador se conecta a un módulo xbee, que se conecta a un módulo xbee coordinador este es módulo es el encargado de conectar la red ZigBee a la computadora y por lo tanto incluye una interfaz para conectarse a la misma. Las opciones de comunicación que se presentaron durante la etapa del análisis fueron la de utilizar una comunicación serie estándar (RS-232) o mediante puertos USB, que fue la elegida, tiene la ventaja que prácticamente todas las computadoras actuales disponen de varios puertos USB para conectar dispositivos. Y para finalizar esta información se envía al servidor donde se mantiene la información en una tabla de base de datos que luego emite la información recolectada de manera gráfica en una interfaz.

Para establecer una comunicación los módulos xbee serie 2, establecen una red mesh, sólo se logra con esta serie la cual permite que la red pueda funcionar, incluso cuando un nodo desaparece o la conexión falla, ya que el resto de los nodos evitan el paso por ese punto. En consecuencia, la red malla, se transforma en una red muy confiable.

En el diagrama de bloque anterior, se observa un panorama general del proyecto y la conexión entre el módulo de transmisión con los sensores, el microcontrolador y los módulos Xbee hacia el coordinador como se muestra en la figura. 4.2. y 4.3.

## 4.2. Diseño de Hardware

Para desarrollar de manera didáctica este proyecto, se utilizan sensores, microcontroladores, bombas de agua que fueron descritas en los análisis en el capítulo III, para efecto de pruebas de campo, se utiliza sensores industriales, bombas

industriales, entre otros, además se utiliza el agua como líquido a medir. En la vida real el elemento que se medirá es el crudo.

### **4.3. Conexión Módulo XBEE**

#### **Módulo coordinador**

Para conectar un Xbee series 2 al servidor es necesaria una interfaz de comunicación en este caso el Xbee Explorer USB, como se muestra en la figura 4.2.

Se podría construir pero no es recomendable, porque económicamente es más barato comprarlo que diseñar la interfaz USB, además los componentes miniaturizados como el FT232RL dificultan su fabricación.

Se coloca el módulo Xbee series 2 en el explorador USB y esté conectado al computador, se instalan sus respectivos drivers y se maneja de manera serial usando un puerto COM, gestionado por el X-CTU<sup>40</sup> o un Hyperterminal.

Para energizar un módulo (Xbee series 2) se necesita un regulador de voltaje llamado LD33CV o LF33 la idea es reducir la alimentación de 5 Vcc a 3.3 Vcc.

---

<sup>40</sup> Este programa sirve para configurar los módulos Xbee, no solo eso, también contiene un terminal con el cual poder mandar y recibir datos mediante el puerto que está conectado el Xbee.

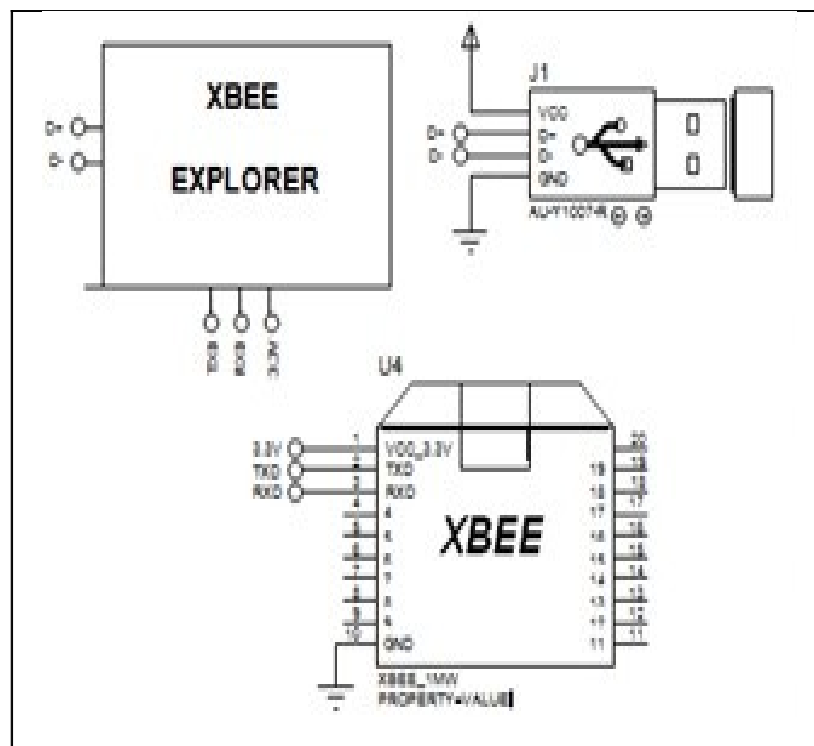


Figura 4.2. Conexión módulo Xbee Coordinador

Fuente: <http://www.electromicrodigital.com/micros/files/Xbees2.pdf>

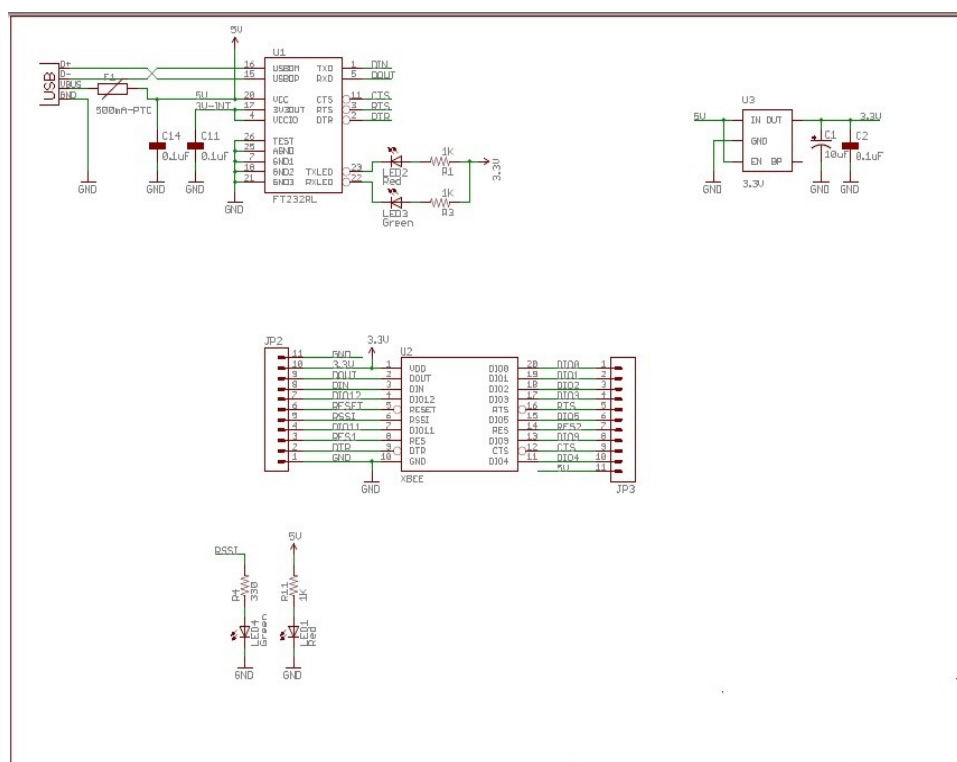


Figura 4.3. Módulo Explorer para conexión Xbee serie 2 Coordinador

Fuente: <http://www.electromicrodigital.com/micros/files/Explorer.pdf>

La conexión se realizó directamente al servidor por medio de una interfaz USB con un FT232RL que emula un puerto COM, de esta manera se puede establecer la

comunicación serial entre el servidor y el coordinador, como se muestra en la siguiente figura.

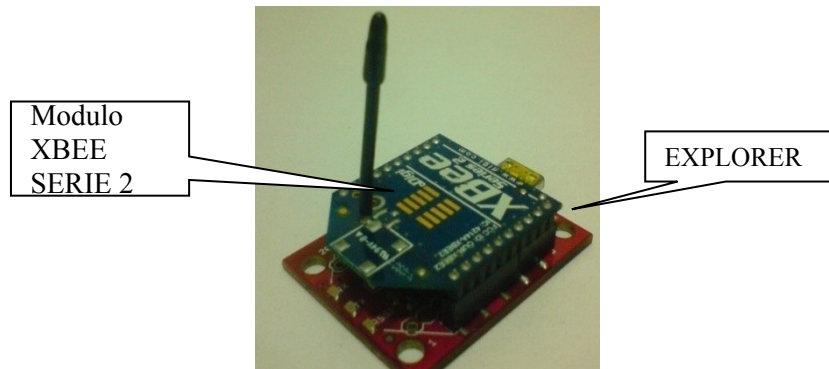


Figura 4.4. Módulo Coordinador

Fuente: Autores de Tesis

En la figura 4.5, se muestra la vista superior de la interfaz Xbee Serial Explorer V12 USB con las respectivas medidas en centímetros y en la figura 3.12, la vista inferior.

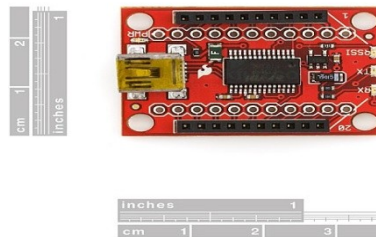


Figura 4.5. Vista superior Xbee Serial Explorer V12 USB

Fuente: <http://www.tme.eu/es/katalog/?art=TMIK001>



Figura 4.6. vista inferior Xbee Serial Explorer V12 USB

Fuente: <http://www.bricogeek.com/shop/156-xbee-explorer-usb.html>

En la Figura 4.7, se muestra la fotografía de la interfaz Serial Explorer.

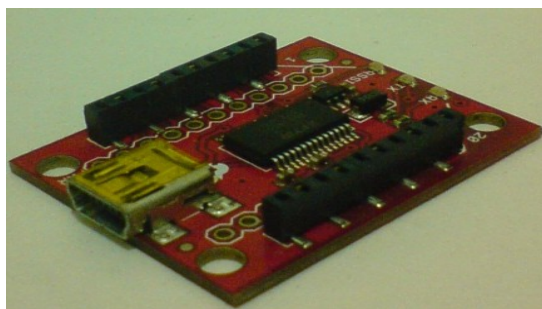


Figura 4.7, vista inferior Xbee Serial Explorer V12 USB

Fuente: Autores tesis.

### Elementos del circuito.

En la figura 4.8, se muestra el diagrama circuital de la red wsn y cada uno de los componentes. Los materiales que se utilizaron para la red wsn se describen en la tabla 4.1.

Número de Componentes	Componentes
3	PCB
3	PIC16F87A
12	Borneras
3	Sensores de Humedad
3	Sensores de Ultrasonido
3	Regulador 5v LM7805
3	Regulador 3.3v LD33CV
6	Capacitor 47 uF
3	Oscilador de Cristal 4MHz
3	Molex con extensión 3 pines
3	Sensor de distancia
12	Leds Brillantes
3	Pulsador
12	Capacitor cerámico
3	Transistores 2N3904
6	Diodos Rectificador 1N4007 1 <sup>a</sup>
3	Diodo Zener 3 voltios
3	Relés 12v - 10 A 110V



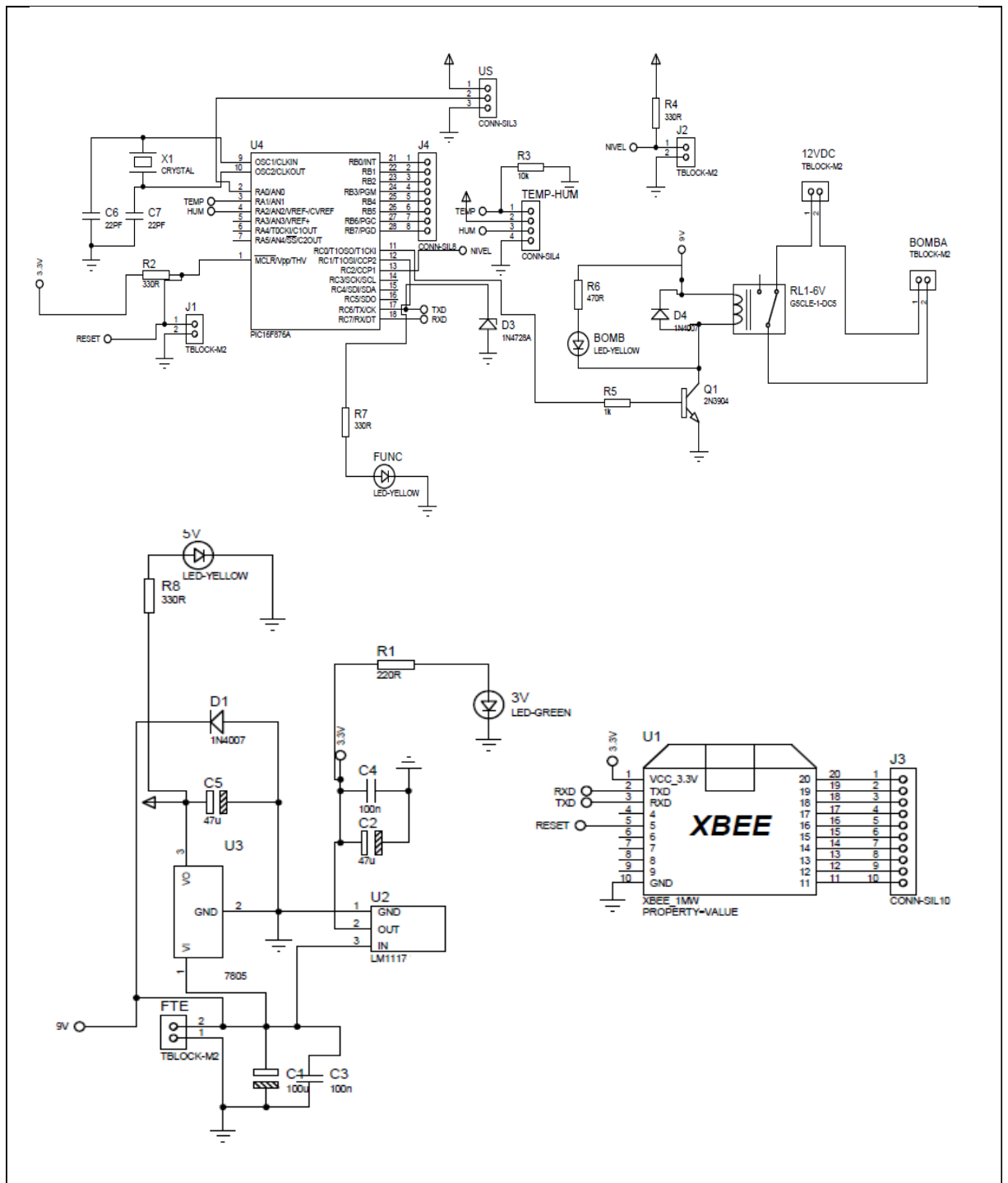


Tabla 4.1, Materiales que se usaron para el desarrollo del los módulos.

Fuente: Autores Tesis

Figura 4.8. Diagrama circuital

Fuente: Autores Tesis.

#### 4.4. Descripción Técnica del Diagrama Circuital

La Fuente de energía que abastece a toda la placa tiene su entrada por el “TBLOCK-M2 (FTE)” que es de 9 voltios, el regulador “7805” de 5 voltios tiene su salida de voltaje por el pin 3 y energiza a los sensores y al microcontrolador, además hay un capacitor “C5” este estabiliza la fuente, para comprobar si hay flujo constante de energía se conecta una resistencia y un diodo led y verificar su estado, el “LM1117” es un regulador de 3 voltios que da energía solamente al módulo Xbee, tiene su entrada de voltaje por el pin 3 y de salida por el pin 2 que también está conectado a un capacitor “C4” que ayuda a estabilizar la fuente, para comprobar su funcionamiento se le conecta una resistencia y un diodo led el cual dará una señal luminosa y de esa forma se verifica su estado, por el pin 1 ingresa energía al Xbee que es el “VCC\_3.3V”, quedando de esta forma cargado.

Para que funcione el microcontrolador PIC16F87A se necesita que ingrese voltaje, el “pin” 19 se conecta a tierra y el “pin” 20 a 5 voltios los cuales no se divisa en el gráfico circuital, además va conectado un circuito reset al “pin” 1 del microcontrolador, el circuito reset está conformado por una resistencia R5 y un pulsador “TBLOCK-M2 (J1)” el cual sirve para reiniciar las funciones del microcontrolador en el caso que se trabaje o no este enviando información de forma debida, en el “pin” 9 “(OSC1/CLKIN)” y en el “pin” 10 “(OSC1/CLKIN)” del microcontrolador se conecta el circuito oscilador “CRYSTAL (X1)”, como se puede apreciar en la Figura 3.11 este circuito está compuesto por un cristal y 2 capacitores a tierra “C6 (22PF)” y “C7 (22PF)” respectivamente, este circuito le da la velocidad de trabajo al que ejecuta cada instrucción del microcontrolador.

Entre las funciones que hace el microcontrolador en este proyecto es censar la temperatura y humedad, y se conecta el “TEMP-HUM”, del “pin” 3 “(TEM)” del sensor al “pin” 3 “(RA1/AN1)” y el “pin” 1 “(HUM)” del sensor al pin 4 “(RA2/AN2/VREF-/CVREF)” del microcontrolador.

El sensor de ultrasonido “US (CONN-SIL3)” de igual manera se carga con 5 voltios tierra, y la salida va desde el “pin” 2 del sensor al “pin” 0 “(RA0/AND)” que son señales analógicas. Una vez obtenido los valores de los sensores, es procesada la información en el microcontrolador, cuyo valor no es distancia, temperatura ni nivel si no valores de voltaje, el programa insertado en el microcontrolador el cual se explicará más adelante, procede a realizar los cálculos respectivos para transformar

las funciones en variables que se puedan interpretar. Una vez obtenido los datos de los tres sensores de cada módulo respectivamente se organiza en un arreglo “Array” en el código del microcontrolador para transmitir toda la cadena de caracteres obtenidos al Xbee por el “pin” transmisor 17 del microcontrolador “(RC6/TX/CX)” cuya salida es por el “TXD” y llega al módulo Xbee por el “pin” 2 “RXD”. Una vez transmitido, el proceso se vuelve a ejecuta cada segundo, con estos datos procesados se transportan inalámbricamente al módulo coordinador para su posterior análisis. En la Figura 4.9, se puede observar en la ventana virtual la llegada de los datos, así como el central hacia los actuadores.

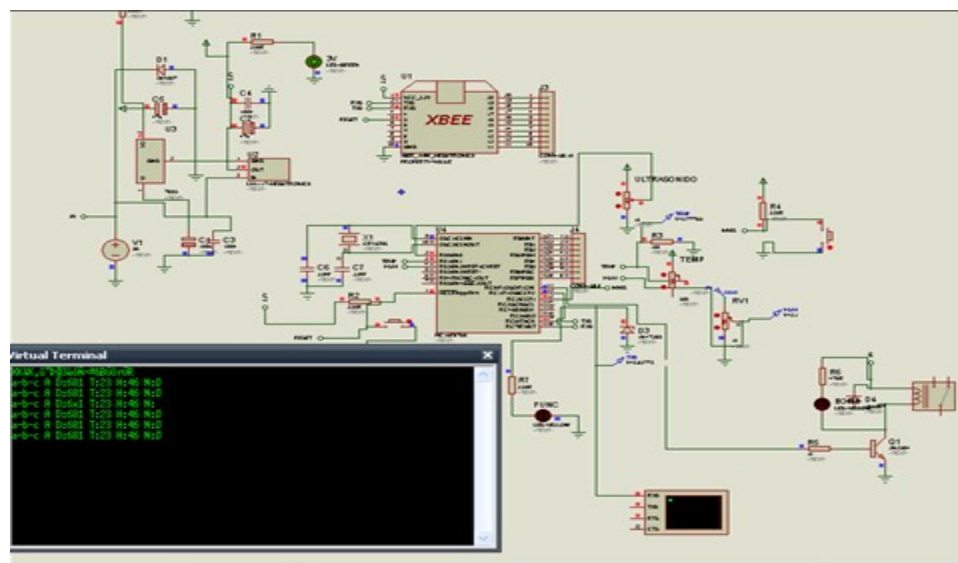


Figura 4.9. Diagrama circuitual

Fuente: Autores tesis

#### 4.5. Diseño del Nodo Transmisión

La placa del nodo de transmisión, tiene una dimensión de 8.50 x 9.50 cm, está constituida por una etapa de polarización y su respectiva etapa de transmisión de datos, que son temperatura ,humedad y ultrasonido así mismo, la placa, está diseñada con plano de tierra para disminuir interferencias de ruidos no deseados. Ver Figura 4.10.

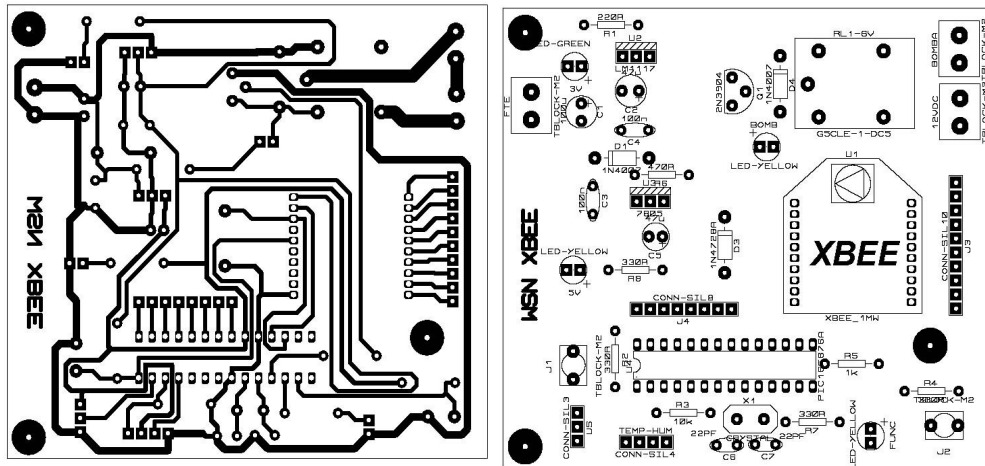


Figura 4.10. Diseño de placa para módulo Xbee de transmisión

Fuente: Autores tesis

Teniendo una respuesta satisfactoria en la simulación, se procedió a diseñar las respectivas placas para cada uno de los nodos, se empleó el módulo ARES de PROTEUS que es propicio en lo que se refiere al diseño de PCBs, la siguiente figura, muestran el producto final de la placa obtenida.

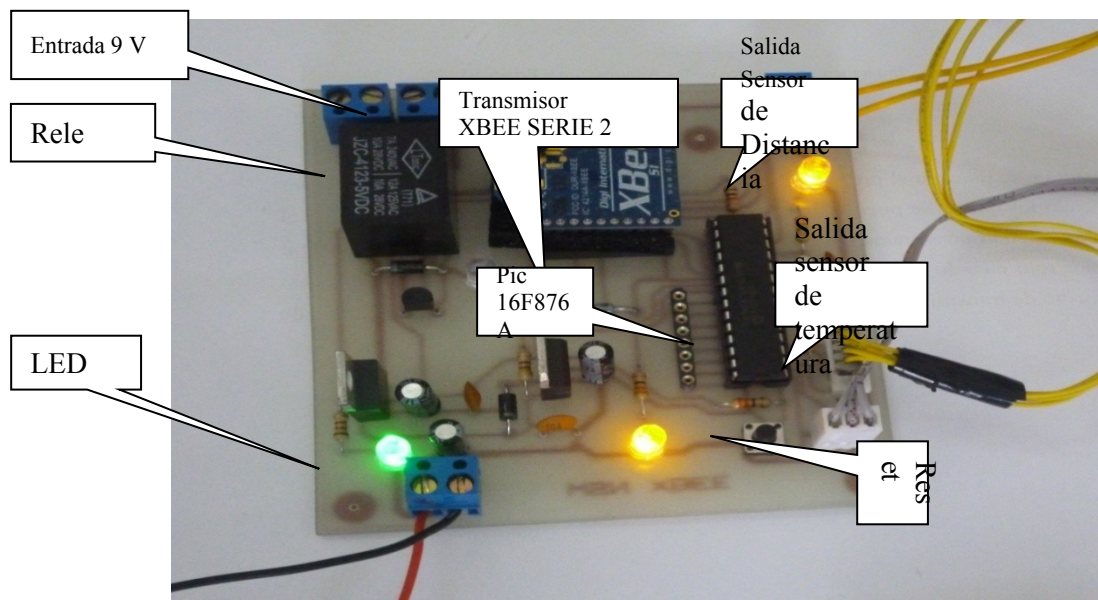


Figura 4.11. Implementación de la placa nodo transmisión

Fuente: Autores Tesis

#### 4.6. Diagrama de Bloque Módulo Transmisor, Coordinador.

Para la comunicación entre el módulo Xbee y el microcontrolador se usa el PIC16F87A de gama alta, tiene gran capacidad de memoria en relación a los de gama baja. Un módulo Xbee series 2 conectado a los puertos seriales del microcontrolador RC6 TX y RC7 RX respectivamente, para establecer comunicación con el coordinador. Dos Leds de estado conectados al módulo Xbee para verificar si esta encendido y escuchando.

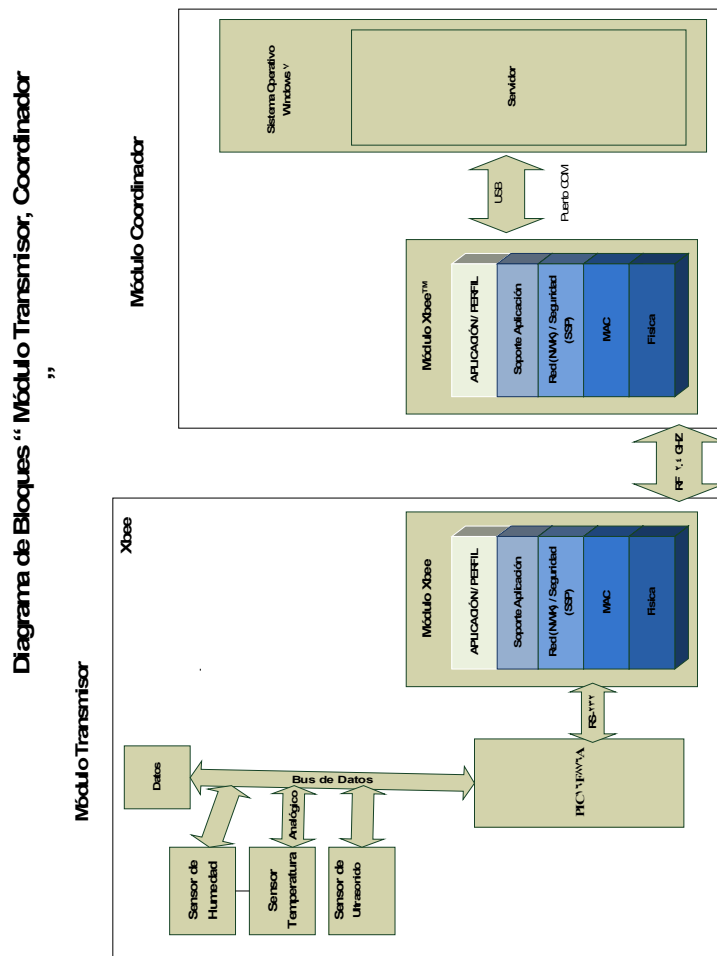


Figura 4.12. Diagrama de Bloques del Módulo

Fuente: Autores Tesis

#### 4.6.1. Sensores

##### Detector de Nivel

Este dispositivo envía al microcontrolador una señal analógica, dependiendo del nivel de líquido presente en el tanque, incrementa o disminuye ante la presencia o ausencia de líquido, en la figura 4.13, se muestra el diagrama del detector de nivel en el tanque.

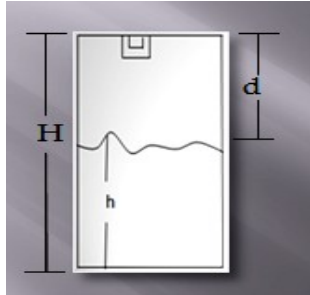


Figura 4.13. Detector de Nivel midiendo la altura del líquido

Fuente: Autores tesis

Para efectos de cálculos usamos la siguiente fórmula:

$$h=H-d$$

Dónde:

H: Es la longitud total del tanque.

d: Es la longitud que no está cubierta por el líquido.

Para los otros dos sensores no se especifica ningún cálculo previo.

#### 4.6.2. Diseño funcional de la red mesh

La topología de red que se implementa en ésta red de sensores es malla o Mesh, brinda un alto grado de disponibilidad ante posibles fallas en los nodos y proporciona un alcance de distancia superior que cualquier otra topología no posee.

A continuación se detalla el diseño de la red a través del programa X-CTU.

Instalar el X-CTU para gestionar los módulos Xbee de una manera sencilla y gráfica, ver Figura 4.16.

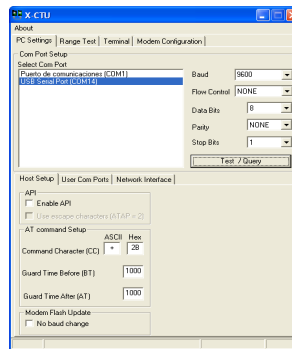


Figura 4.16. Verifica si el modem Xbee está conectado

Fuente: Autores tesis

Clic en Test / Query, para verificar que el módulo Xbee esté conectado a la interfaz USB ubicada en el puerto 14 en este caso, ver Figura 4.17.

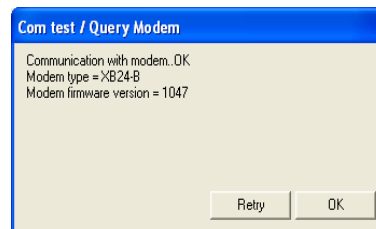


Figura 4.17. Verifica si el modem Xbee está conectado

Fuente: Autores tesis

## Configuración del Coordinador

En la pestaña Modem Configuration se configura el módulo Xbee, ver Figura 4.18.

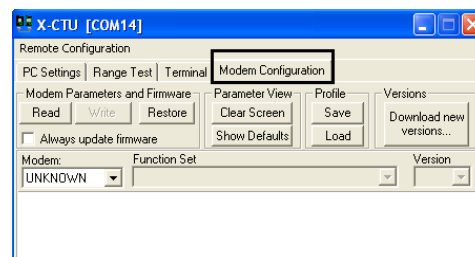


Figura 4.18. Muestra pestaña Modem Configuration

Fuente: Autores tesis

Se verifica versiones nuevas dando clic en el botón “Download new versions” por medio de la web, ver Figura 4.19.

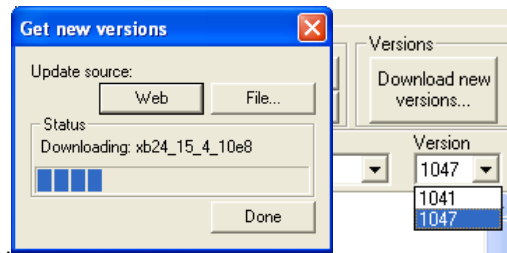


Figura 4.19. Obteniendo nuevas versiones de software Xbee

Fuente: Autores tesis

Con ayuda del X-CTU Modem Configuration, configurar los siguientes valores en el Xbee coordinador. Para realizar una red Mesh se utiliza la función “ZNET 2.5 COORDINATOR AT, ver Figura 4.20.

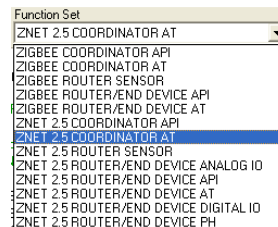


Figura 4.20. Configuración red mesh

Fuente: Autores tesis

Clic en “write” para guardar los cambios realizados. Se configura el coordinador bajo estos parámetros, ver Figura 4.21.

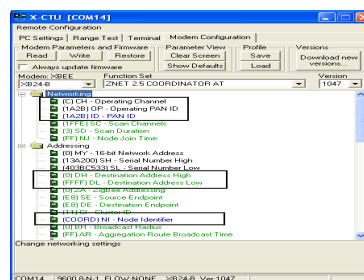


Figura 4.21. Parámetros para configurar el coordinador

Fuente: Autores tesis

El canal de comunicaciones operativo se selecciona automáticamente haciendo un análisis de la carga de cada canal en el ambiente y selecciona el que tenga menos energía.

Por seguridad es recomendable cambiar el PAN ID que viene por defecto (234). SH Y SL representa el serial alto y bajo del Xbee, siendo el serial bajo único e



identificador de cualquier dispositivo se podría comparar con la dirección MAC de una tarjeta de red.

Los campos DH Y DL son para identificar los nodos con los cuales el coordinador va a establecer comunicación, el FFFF de DL es un broadcast esto quiere decir que se va a comunicar con todos los nodos que estén en el mismo PAN ID y compartan la misma clave AES.

Para identificar el Xbee como coordinador en Nodeidentifier se coloca COORD. Estos pasos son posibles realizarlos por medio de comandos AT con la ayuda del Hyperterminal sin la necesidad de X-CTU.

Nota: Para ver los pasos revisar en el Anexo 2.

En la siguiente figura 4.22, se muestra la prueba de conexión entre dos dispositivos Xbee usando el Hyperterminal de dos computadores.

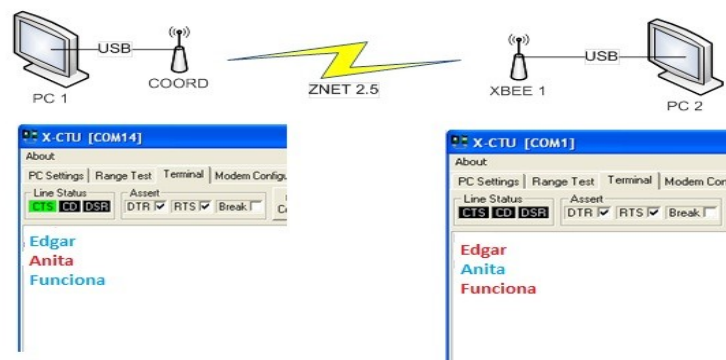


Figura 4.22. Prueba de conexión básica entre el Router y el coordinador Xbee

Fuente: Autores tesis

Para configurar los Xbee1, Xbee2, Xbee3 se siguen los pasos de configuración del Router o enddevice porque en la red que se propone solo existe un coordinador.

Nota: Para ver la configuración de los xbee revisar en el Anexo 3.

#### 4.7. Diseño de Software

Diseño del programa para el microcontrolador

Para el diseño de software del microcontrolador ubicado en el módulo Xbee se usa el lenguaje BASIC para su programación, desarrollador MicroCode Studio versión

3.0.0.5 y el compilador PicBasic Pro PBP 2.5 C usando MPASM para compilar los Microcontroladores de gama al 16 F.

MicroCode Studio ofrece gran sencillez y versatilidad al programar, lo que requiere este módulo es controlar las salidas y entradas digitales, los pines de transmisión serial y una entrada analógica.

En todos los módulos se trabaja con el microcontrolador PIC16F87A por las especificaciones descritas en capítulos anteriores.

En la siguiente figura, se muestra el diagrama de flujo para la transmisión y recepción de datos.

**Diagrama de flujo Software del microcontrolado**

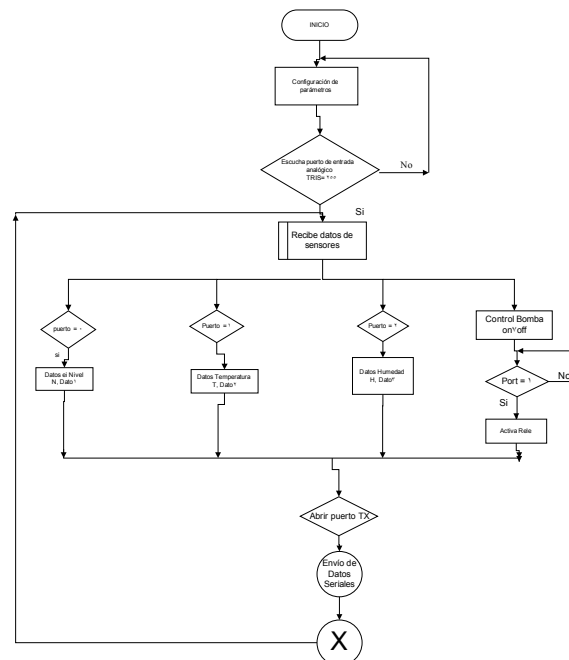


Figura 4.23. Diagrama de flujo Tx

Fuente: Autores tesis

En la Figura 4.23, se observa el proceso que realiza un microcontrolador, para poder recibir la información se configura algunos parámetros propios del micro, para el paso de información se buscará un puerto de entrada analógico TRIS=255, al verificar que dicho puerto esté disponible se recibe la información de los diferentes sensores, existe un control de la bomba al recibir información de un llenado completo de los tanques se apagará el circuito, para dar paso al estudio de las condiciones del líquido, al pasar este proceso se abrirá otro puerto TX, para enviar la información y poder visualizarla en el computador para el usuario.

#### 4.7.1. Diseño de Base de Datos

Para el diseño de la base de datos se creó una tabla, que sirva de almacenamiento histórico, estado de los módulos Xbee, fechas, horas etc.

También almacena los códigos de comunicación creados para saber exactamente cual módulo Xbee realizó determinada acción.

La información recolectada por el módulo coordinador y el equipo se la va a almacenar en una base de datos, para el diseño de software del microcontrolador ubicado en el módulo Xbee se usa el lenguaje BASIC para su programación, desarrollador MicroCode Studio versión 3.0.0.5 y el compilador PicBasic Pro PBP 2.5 C usando MPASM para compilar los Microcontroladores de gama al 16 F.

A continuación se muestra en el siguiente gráfico la lista de campos de la tabla donde se almacena los datos obtenidos.

#### Modelo Relacional

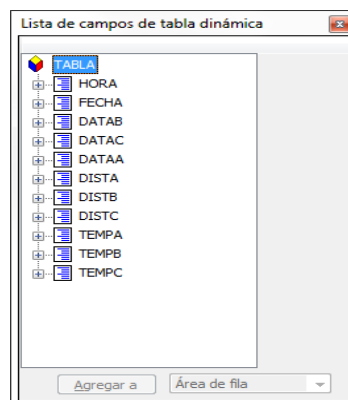


Figura 4.24. Modelo físico de la base de datos

Fuente: Autores tesis

#### 4.7.2. Diccionario de datos

Este diccionario de datos mostrará los campos, función, y rol que desempeña la tabla de la base de datos, para tener una idea general de cómo se realizó su diseño.

Descripción: En esta tabla se almacena toda la información referente a acciones realizadas por el sistema, como es: Hora, Fecha, Datos, Distancia, Temperatura, para saber con exactitud quien y en momento realizo determinada acción.

Tabla 4.2, Diccionario de datos.

Campo	Tipo	Nulo	Descripción
HORA	Texto	si	Este campo recibirá información con respecto a la hora del censo.
FECHA	Texto	Si	Este campo recibirá información con respecto a la fecha del censo.
DATAA	Texto	Si	Este campo recibirá información con respecto al módulo A.
DATAB	Texto	Si	Este campo recibirá información con respecto al módulo B.
DATA C	Texto	Si	Este campo recibirá información con respecto al módulo C.
DISTA	Texto	Si	Este campo recibirá información de la distancia con respecto al módulo A.
DISTB	Texto	Si	Este campo recibirá información de la distancia con respecto al módulo B.
DISTC	Texto	Si	Este campo recibirá información de la distancia con respecto al módulo C.
TEMPA	Texto	Si	Este campo recibirá información de la temperatura con respecto al módulo A.
TEMPB	Texto	Si	Este campo recibirá información de la temperatura con respecto al módulo B.
TEMPC	Texto	Si	Este campo recibirá información de la temperatura con respecto al módulo C.

Fuente: Autores Tesis

#### 4.8. Diseño de la Interfaz para la Computadora

Para el diseño de la interfaz para la computadora, se utilizó la aplicación Microsoft Visual Studio 6.0, puesto que maneja el control MSCOMM, por medio del cual es posible la conexión serial entre el uC y la PC.

El objetivo es de monitorear los datos que vienen a través de la red de sensores. Como las computadoras normales no tienen interfaces WSN, entonces se podrá utilizar interfaces de comunicación como USB, RS232, Ethernet, Bluetooth, etc. En la figura 4.25, se muestra la interfaz que recibe los datos censados tanto del nivel, la temperatura y también las gráficas de su comportamiento.

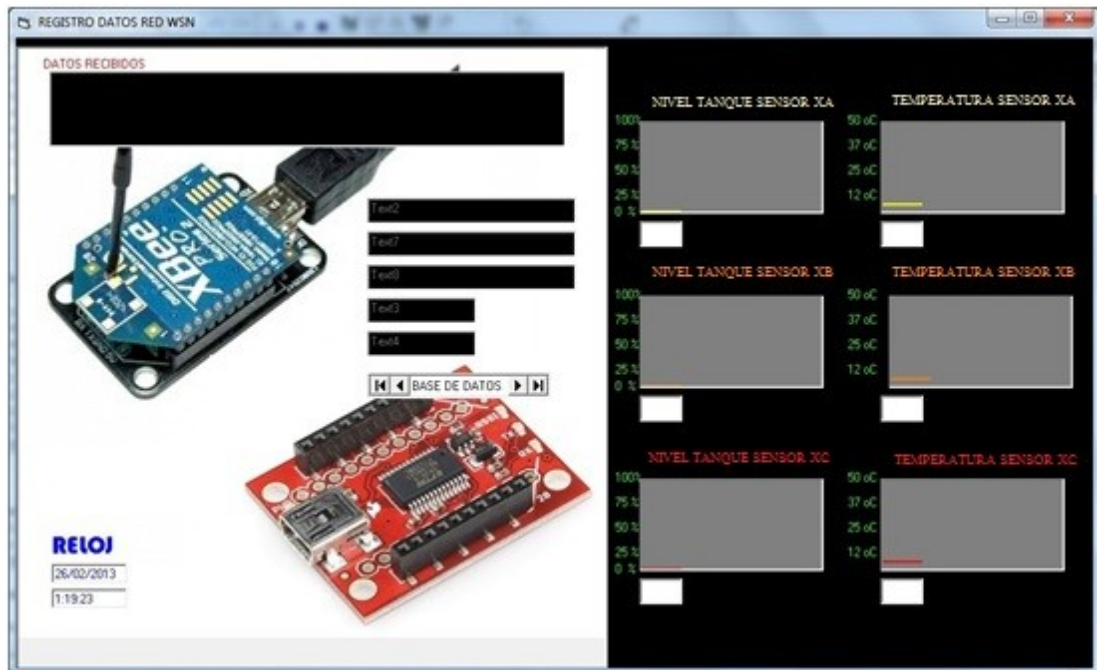


Figura 4.25. Interfaz de computadora

Fuente: Autores de Tesis

En el siguiente diagrama de flujo se muestra las diferentes etapas que cumple la interfaz gráfica dentro del prototipo.

Diagrama de flujo de la interfaz de computadora

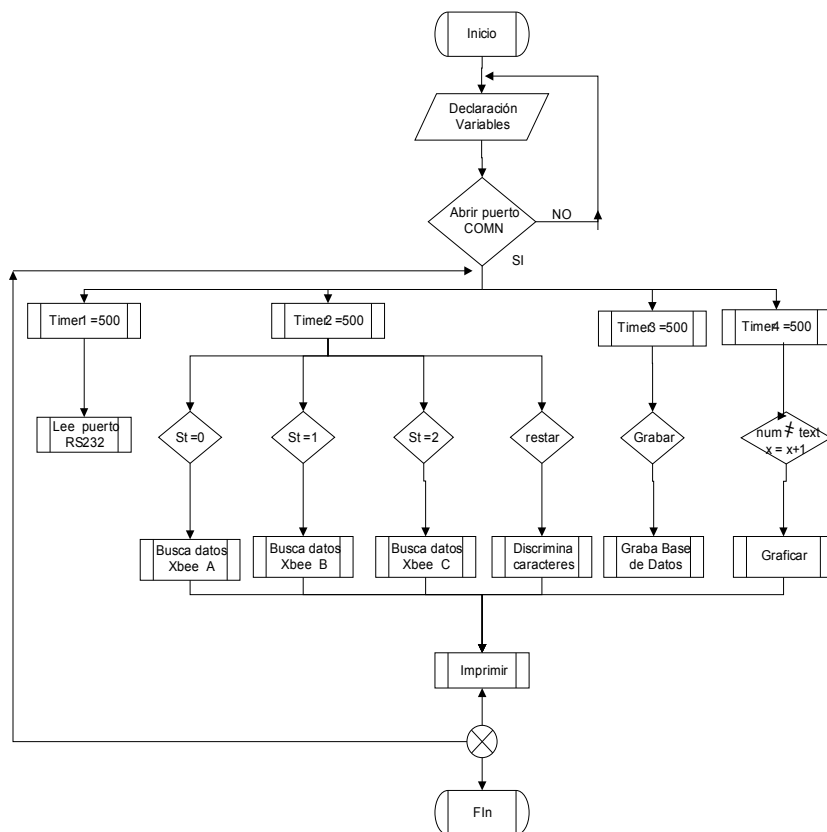


Figura 4.26. Diagrama de flujo

Fuente: Autores de Tesis

En la figura anterior, se puede interpretar el proceso lógico que sigue una red de sensores WSN, comienza con la declaración de variables, se verifica que el puerto COMN se encuentre abierto, se tiene cuatro timers que realizan intervalos de 500 milisegundos para cualquier tarea especificada a continuación se describe cada timer:

Timer1: Lee el puerto RS232.

Timer2: Inicializa la variable st para cada módulo xbee, además se encarga de discriminar los caracteres.

Timer3: Graba la data censada en la base de datos.

Timer4: Grafica la información transformada.

Dicha información se muestra en la pantalla de manera amigable al usuario.

### Diagrama de secuencia del software

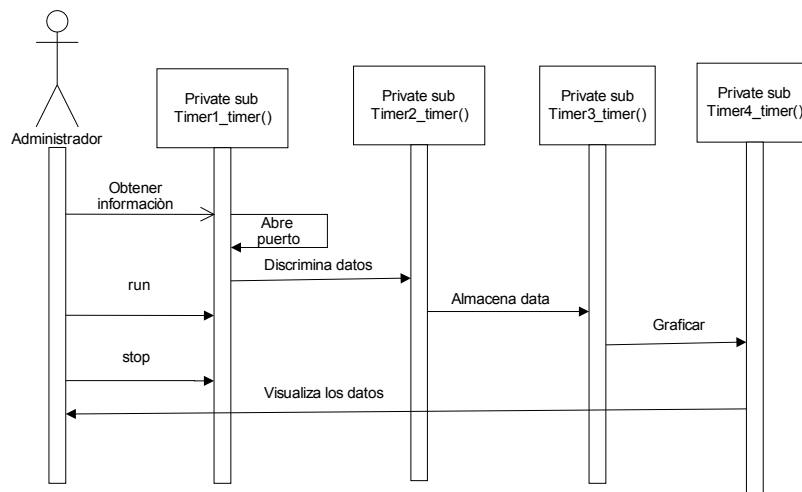


Figura 4.27. Diagrama de secuencia

Fuente: Autores de Tesis

En la figura anterior, se puede interpretar el proceso lógico que sigue una red de sensores WSN, comienza por el administrador que pone en marcha el software, obteniendo de esta manera los datos recopilados de los sensores para después discriminar los datos obtenidos (“texto de números”), a continuación se almacena en una base de datos dicha información para después graficarlos y mostrar al usuario dicha información obtenida.

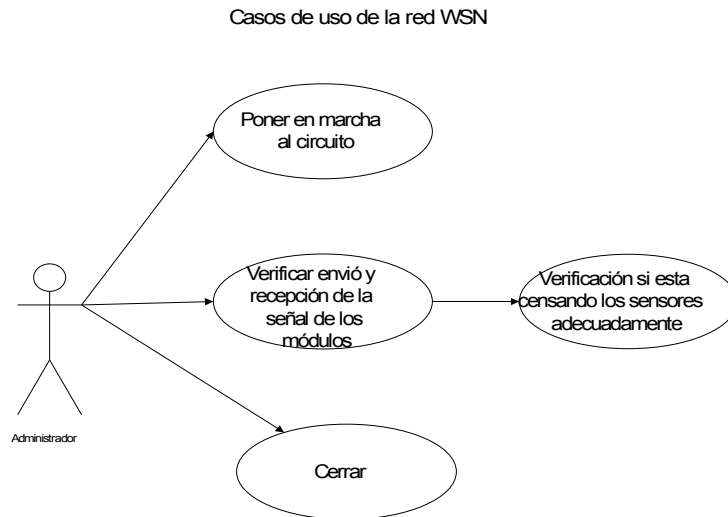


Figura 4.28. Caso de Uso

Fuente: Autores de Tesis

En el diagrama de caso de uso, se observa el proceso con el cual inicia el usuario el funcionamiento de la simulación de las redes WSN, el proceso se describe en cada fase.

## Diagrama de Clases

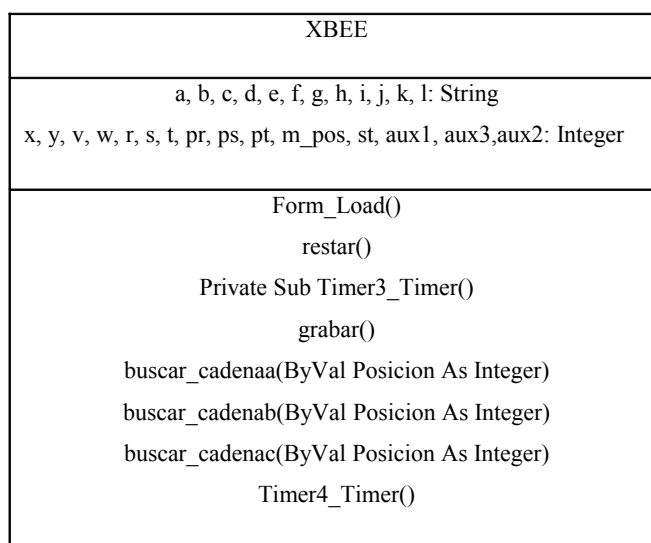


Figura 4.29. Diagrama de Clases

Fuente: Autores de Tesis



En el diagrama de clases, se describe cada variable y al tipo que pertenece cada clase que se utilizó para la generar el software de la red WSN.

#### **4.8.1. Construcción de software para el microcontrolador.**

La programación de los módulos se realiza usando el programa MicroCode Studio, se usan dos tipos de variables BYTE (un byte de longitud, almacena números enteros entre 0 y 255) y WORD (dos byte de longitud, almacena números enteros entre 0 y 65,535).

A continuación se describirá, las partes más relevantes de la construcción del software para el microcontrolador.

En la siguiente instrucción se indica, que el puerto “A” es analógico  
TRISA=255

En la siguiente instrucción, se declara una variable de tipo WORD para el sensor de humedad, este mismo proceso se realiza para los dos sensores de temperatura.

HUM VAR WORD  
TEMP VAR WORD

En la siguiente instrucción se indica, cómo está conectado un relé a un puerto.  
RELE var portc.0

En la siguiente instrucción se indica, cómo se lee el canal 0 y mediante una fórmula se transforma a distancia

ADCIN 0,DATO2  
DATO2=DATO2/49  
US=DATO2 ; Para el sensor de Ultrasonido.

Se ha recopilado la información más importante, el detalle del programa se encuentra en el anexo 4.

#### **4.8.2. Construcción de la Interfaz Gráfica para Visualizar los Datos obtenidos de la Red Wsn.**

El siguiente código, muestra las partes más importantes de cómo se realiza la petición de estados al módulo servidor Zigbee para después graficar, en la función reportes también se podrá apreciar de manera graficar el comportamiento de los módulos en el transcurso del tiempo, y de esta manera tener un control de los datos revisando su correcto funcionamiento.

A continuación, se describe de manera general el código escrito.

Declaración de Variables

Option Explicit

Dim m\_pos As Integer

Dim st As Integer

Dim aux1 As Integer

Dim aux3 As Integer

Dim aux2 As Integer

Dim a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l As String

Dim x, y, v, w, r, s, t, pr, ps, pt As Integer

Se ha recopilado la información más importante, el detalle del programa se encuentra en el anexo 5.

En la siguiente gráfica se muestra la interfaz, donde se puede observar los tres datos obtenidos de los sensores con sus respectivos valores.

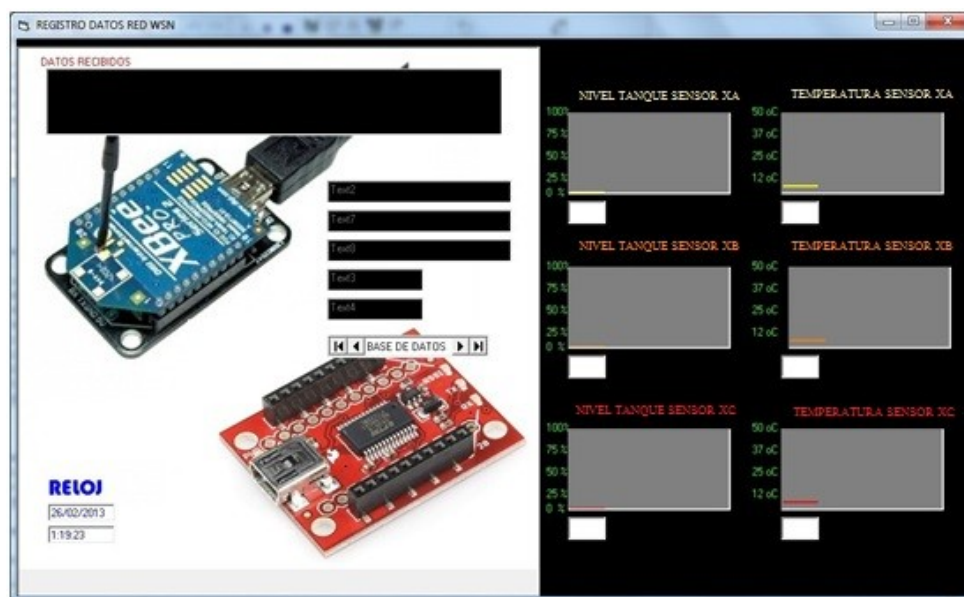


Figura 4.30. Interfaz de computadora

Fuente: Autores de Tesis

## CAPITULO V

### 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

Este capítulo hace referencia a las diferentes pruebas que se realizaron al prototipo, así como los resultados que se realizaron en el laboratorio de pruebas todo esto bajo un ambiente controlado. Y finalmente se pone a prueba la interfaz de computadora para la recepción de datos.

En este apartado, se describe las diferentes pruebas que se realizaron al prototipo, así como los resultados que se obtuvieron fruto de los varios laboratorios que se hicieron a lo largo del periodo de realización de la tesis.

#### 5.1. Propagación de la señal

Para una buena comunicación entre nodos hay que tener en cuenta los siguientes parámetros:

Sensibilidad del receptor

Potencia de salida

Señal de frecuencia

Medio de propagación de la señal

Hay que tener en cuenta el ángulo en el que una señal penetra en un objeto.

Por ejemplo, las divisiones comunes de las oficinas atenúan a 914 MHz alrededor de 1.5 dB.

Objeto	Frecuencia de la señal	Atenuación de la señal
Pared de partición de 2 pulgadas	914 MHz	1.5 dB
Piso de un edificio	914 MHz	17 dB
Piso de un edificio	1- 2- GHz	23 dB
Pared interior 4 pulgadas	1- 2- GHz	6 dB
Pared interior de ladrillo	1- 2- GHz	2.5 dB
Pared de yeso	1- 2- GHz	1.5 dB
Cristal reforzado	1- 2- GHz	8 dB

Tabla 5.1, Atenuación de la señal en varios objetos.

Fuente: <http://Teoria y Programacion Modulos XBEE.htm>

Las pruebas de conectividad permiten tener una idea clara del alcance de estos módulos y de la capacidad de convergencia que poseen cuando están fuera del alcance del coordinador para llegar a él.

### 5.1.1. Pruebas del Prototipo

Obteniéndose, resultados en la simulación, se procedió a implementar este diseño en la placa, en el cual está armado cada módulo independientemente.

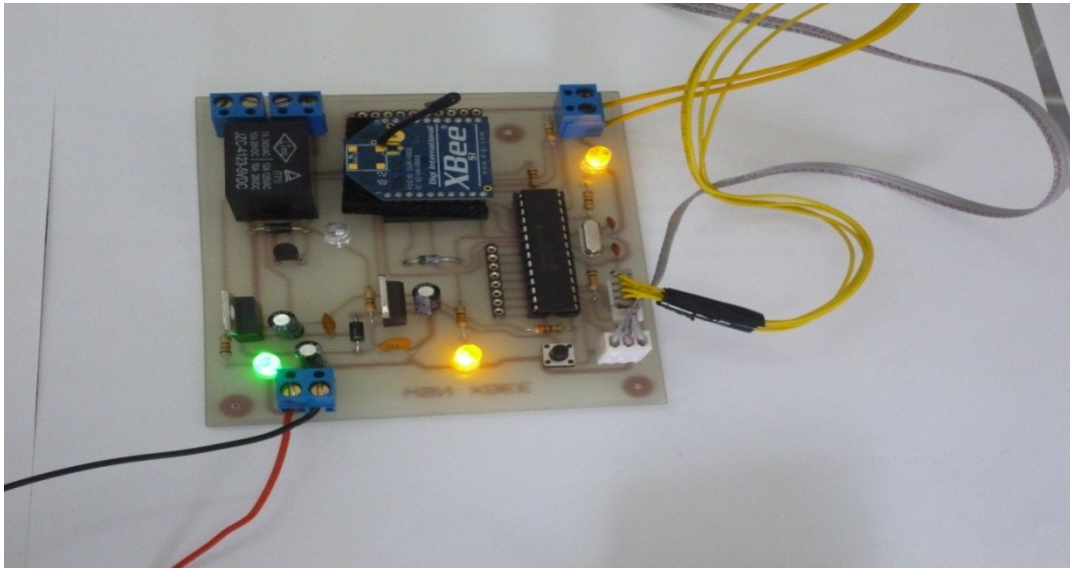


Figura 5.4. Implementación de los nodos Transmisión y Principal.

Fuente: Autores tesis

A continuación, se muestra el prototipo completo e interconectado a la computadora y transfiriendo los datos. Se puede observar que tanto el nodo de transmisión como el nodo principal tienen un sistema de señalización que consta de un led bicolor, el cual titila en color rojo cuando entre en funcionamiento los módulos de comunicación. Así mismo, el medio de transmisión de la tecnología Zigbee posee dos leds para recepción y transmisión de datos, ver figura 5.5.

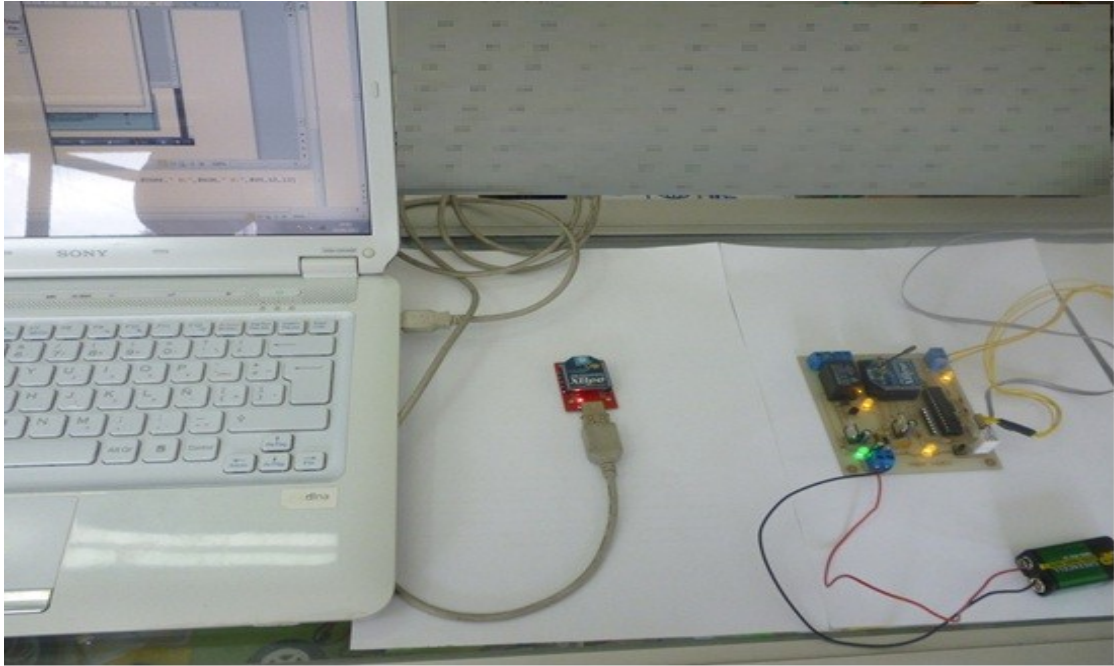


Figura 5.5. Prototipo completo entre transmisor – coordinador - PC

Fuente: Autores tesis

A continuación, se muestra los datos obtenidos mediante el programa X-CTU el cual el mismo que puede ser configurado de acuerdo a nuestras necesidades de visualización.

### 5.1.2. Pruebas de conectividad Zigbee

Las pruebas de conectividad Zigbee permite tener una idea clara del alcance de estos módulos y de la capacidad de convergencia que poseen cuando están fuera del alcance del coordinador usan los Router para llegar a él.

Se realiza ensayos que determinen la longitud que puede haber entre nodos sin que se pierdan paquetes en la transmisión. Esta prueba se realiza tanto en interior como en exterior para comprobar que las distancias especificadas por el fabricante coinciden con las reales.

Pruebas de conexión, con esta prueba comprobamos la capacidad de los nodos para retomar la conexión a distintas distancias.

Pruebas de transmisión de información entre nodos, para ver si la relación entre nodos es correcta montamos una red de 4 sensores más un coordinador con línea de vista sin obstáculos.

En las siguientes figuras, se muestra el test realizado a 1, 10, 50, 75, 85, 95 y 100 metros del coordinador.

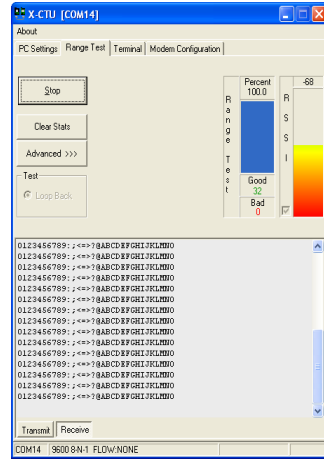


Figura 5.6. Test a 1 metro del coordinador

Fuente: Autores de tesis



Figura 5.7. Test a 10 metros del coordinador

Fuente: Autores de tesis

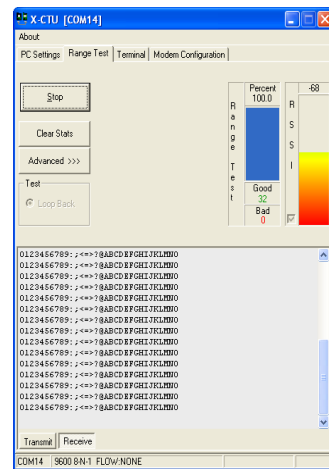


Figura 5.8. Test a 50 metro del coordinador

Fuente: Autores de tesis

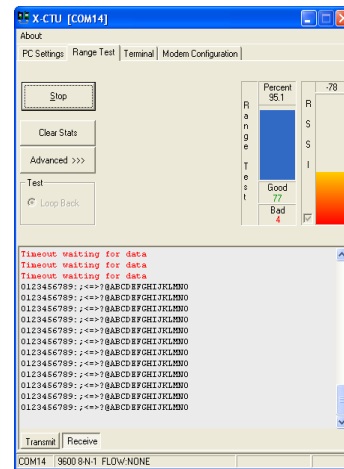


Figura 5.9. Test a 75 metros del coordinador

Fuente: Autores de tesis

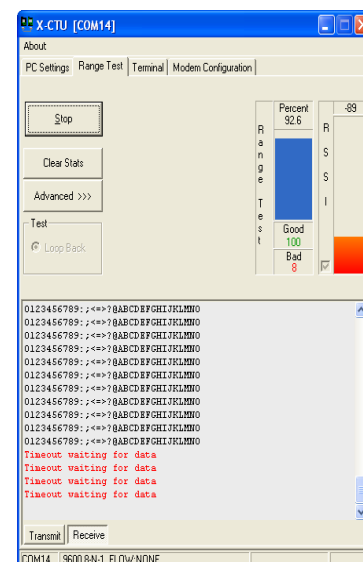
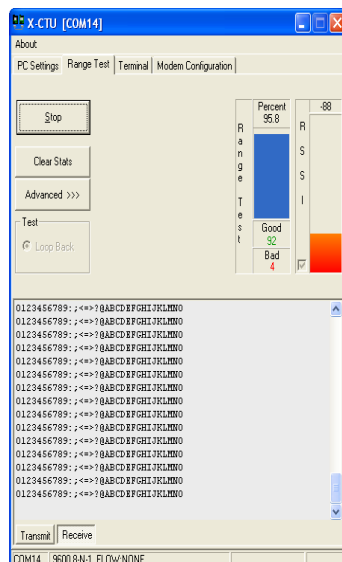


Figura 5.10. Test a 85 metro del coordinador

Fuente: Autores de tesis

Figura 5.11. Test a 95 metros del

Fuente: Autores de tesis

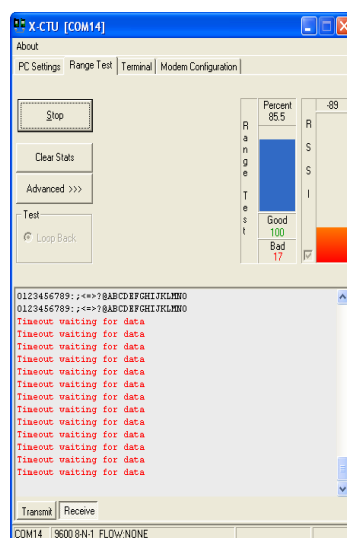


Figura 5.12. Test a 100 metros del coordinador

Fuente: Autores de tesis

Para realizar esta prueba nos trasladamos al exterior del edificio con un portátil para conectar el nodo coordinador, que se deja fijo, y el nodo receptor acompañado de un regulador de voltaje como fuente de alimentación.

A continuación se muestra los resultados obtenidos de las mediciones realizadas.

Distancia (Metros)	1	10	50	75	85	95	100
Paquetes recibidos (%)	100	100	100	92	100	95	30
Paquetes perdidos (%)	0	0	0	8	0	5	70



Tabla 5.13, Paquetes recibidos vs paquetes perdidos.

Fuente: Autores de tesis

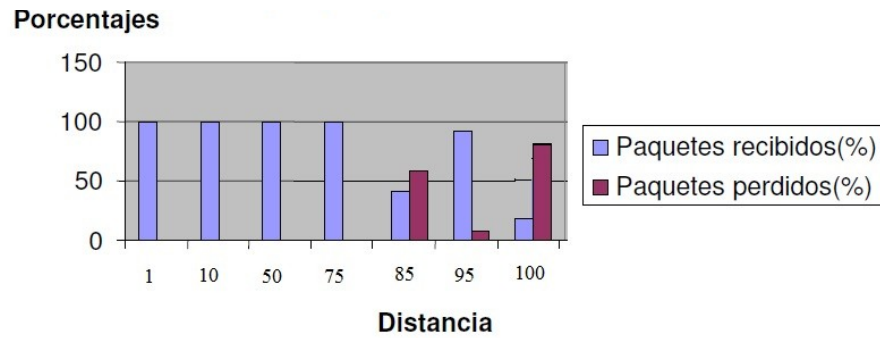


Figura 5.14. Gráfica paquetes recibidos vs paquetes enviados

Fuente: Autores de tesis

Según la hoja de especificaciones, en línea de vista directa la distancia que pueden alcanzar los módulos es de 120 m. Sin embargo, como se observa en las medidas tomadas, a partir de los 75 metros se empiezan a perder paquetes.

## CONCLUSIONES

Se realizó el análisis, diseño y simulación de una WSN , llegando a las siguientes conclusiones:

- Del análisis realizado se determinó que, en las redes WSN los dispositivos de comunicación para las operaciones de automatización y control industrial que se desarrollan en el patio de tanques, fueron de una importancia esencial para el proyecto desarrollado tanto por el costo y por sus características técnicas ofrecidas en el mercado.
- Del estudio realizadose determinó que, la eficiencia energética por parte de los componentes de la red WSN fueron su bajo consumo energético garantizando baterías de larga duración, además se determinó Se determinó los alcances y limitaciones de la aplicación implementada llegando a los siguientes rangos de funcionamiento, la máxima distancia de trabajo a la que puede funcionar el prototipo en interiores es de 50 metros que depende de la estructura de la edificación, para este caso se realizaron la pruebas en una casa con paredes de cemento y 100 metros en exteriores con línea de vista.
- Se determinó que al realizar el prototipo de una red WSN con el sensor de ultrasonido en específico, se recibió datos de un escenario de análisis de manera efectiva y constante.
- Se simuló la red WSN obteniendo caídas de información al realizar las simulaciones en campo abierto a 90m, de ahí se ve la necesidad de efectuar las pruebas a una distancia especificada.
- La forma de transmisión utilizando tecnología Zigbee, simplifica de gran manera la comunicación entre módulos electrónicos debido al ahorro de material en el cableado, lo que hace que los dispositivos de comunicación sean portables para velocidades de transmisión en tiempo real.
- Durante el desarrollo de este el proyecto se alcanzaron los diferentes objetivos planteados, exponiendo las prestaciones del protocolo ZigBee y demostrando la factibilidad de un prototipo inalámbrico de control de tiempo y de adquisición de datos. Se espera que el prototipo presentado sea mejorado de forma continua y llegue a ser utilizado ya que incrementa la confiabilidad de la información entregada y se asegura la no intervención humana en el proceso de generación y entrega de la misma.

- La red está diseñada de forma que cada nodo está preparado para reenviar datos a los demás y la decisión sobre qué nodos reenvían los datos se toma de forma dinámica en función de la conectividad de la red. También hay que destacar la existencia de un nodo especial, coordinador, que gestiona las comunicaciones con el resto de nodos. Al ser una red orientada a sensores de bajo consumo se ha decidido utilizar un conjunto de protocolos de comunicación Zigbee. Todos los nodos excepto el coordinador están definidos como sensores que se encargan de medir la temperatura, distancia y transmitir los datos al nodo conectado al PC para que sean procesados por éste.
  
- El desarrollo de una red mediante dispositivos que cuenten con tecnología Zigbee hoy en día es una manera eficiente, económica y sobre todo practica de construir una red de sensores que abarque tres puntos básicos: seguridad, disponibilidad y convergencia.

## **RECOMENDACIONES**

- La forma de transmisión utilizando tecnología Zigbee, simplifica de gran manera la comunicación entre módulos electrónicos debido al ahorro de material en el cableado, lo que hace que los dispositivos de comunicación sean portables para velocidades de transmisión en tiempo real.
  
- Durante el desarrollo de este el proyecto se alcanzaron los diferentes objetivos planteados, exponiendo las prestaciones del protocolo ZigBee y demostrando la factibilidad de un prototipo inalámbrico de control de tiempo y de adquisición de datos. Se espera que el prototipo presentado sea mejorado de forma continua y llegue a ser utilizado ya que incrementa la confiabilidad de la información entregada y se asegura la no intervención humana en el proceso de generación y entrega de la misma.
  
- La red está diseñada de forma que cada nodo está preparado para reenviar datos a los demás y la decisión sobre qué nodos reenvían los datos se toma de forma dinámica en función de la conectividad de la red. También hay que destacar la existencia de un nodo especial, coordinador, que gestiona las comunicaciones con el resto de nodos. Al ser una red orientada a sensores de bajo consumo se ha decidido utilizar un conjunto de protocolos de comunicación Zigbee. Todos los nodos excepto el coordinador están definidos como sensores que se encargan de medir la temperatura, distancia y transmitir los datos al nodo conectado al PC para que sean procesados por éste.
  
- Se determinó los alcances y limitaciones de la aplicación implementada llegando a los siguientes rangos de funcionamiento, la máxima distancia de trabajo a la que puede funcionar el prototipo en interiores es de 50 metros que depende de la estructura de la edificación, para este caso se realizaron la pruebas en un edificio con paredes de cemento y 100 metros en exteriores con línea de vista directa.

- El desarrollo de una red mediante dispositivos que cuenten con tecnología Zigbee hoy en día es una manera eficiente, económica y sobre todo practica de construir una red de sensores que abarque tres puntos básicos: seguridad, disponibilidad y convergencia.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

### **TEXTOS.**

- [1].GARCIA BREIJO EDUARDO “Compilador C CSS y simulador de PROTEUS para Microcontroladores PIC”, Segunda Edición, Editorial Marcombo Barcelona-España 2009.
- [2].TOJERO GALARZA GERMAN, “Proteus simulación de circuitos electrónicos y microcontroladores a través de ejemplos” Primera edición, Gráfica Díaz, 2009”.
- [3].REYES A CARLOS, “Microcontroladores PIC Programación en Basic”, Segunda edición, Quito-Ecuador 2006.
- [4].CORRALES V. SANTIAGO, “ Electrónica Práctica con Microcontroladores PIC” Agosto 2006,Ecuador.

### **PÁGINAS WEB.**

- [5].CHRISTMO’S BLOG, 2007-2010,  
<http://christmo99.wordpress.com/2008/04/09/pool-connection/>
- [7].VBULLETIN SOLUTIONS, 2010,  
<http://www.zero13wireless.net/foro/showthread.php?1483-ZigBee>
- [8].EMBER CORPORATION, 2007-2008, <http://portal.ember.com/node/731>
- [9].PARALLAX INC., 2010,  
<http://www.parallax.com/Store/Accessories/CommunicationRF/tabid/161/ProductID/679/List/0/Default.aspx?SortField=ProductName,ProductName>
- [10].ROBOTS ARGENTINA, 2007-2009,  
[http://axxon.com.ar/rob/Sensores\\_general.htm#magnetismo](http://axxon.com.ar/rob/Sensores_general.htm#magnetismo)
- [11].D-LINK LATIN AMERICA, 2010,  
<http://www.dlinkla.com/home/productos/producto.jsp?idp=1107>
- [12].ZIGBEE ALLIANCE, 2010, <http://www.zigbee.org>
- [13].MADRID ORTIZ MARIANO, [http://www.gigamperios.com//index.php?option=com\\_content&task=view&id=14&Itemid=1](http://www.gigamperios.com//index.php?option=com_content&task=view&id=14&Itemid=1)
- [14].SILVA DIEGO, <http://wiki.netbeans.org/FragmentosConVisualJSF>
- [15].JAVA MEXICO COMUNIDAD DE DESARROLLADORES MEXICANOS,  
[http://www.javamexico.org/blogs/gustavo/problemas\\_para\\_encryptar\\_y\\_desencryptar](http://www.javamexico.org/blogs/gustavo/problemas_para_encryptar_y_desencryptar)

- [16].CAPRILE SERGIO, SENIOR ENGINEER,  
[http://www.cika.com/newsletter/archives/CTC-059\\_XBeeZBSerie.pdf](http://www.cika.com/newsletter/archives/CTC-059_XBeeZBSerie.pdf)
- [17].INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE APACHE TOMCAT 6.0 EN WINDOWS XP,  
<http://jcalderon.wordpress.com/2008/01/04/instalacion-y-configuracion-de-apache-tomcat-60-en-windows-xp/>
- [18].DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN WEB JSF VISUAL,  
<http://netbeans.org/kb/docs/web/helloweb.html>
- [19].REDES ZIGBEE (I). INTRODUCCIÓN,  
<http://www.blogelectronica.com/redes-zigbee-i-introduccion/>
- [20].ING. LAFEBRE GEOVANNI, <http://micros.mforos.com/1149902/6018988-como-envio-caracteres-ascii-desde-un-pic-a-una-pc/>
- [21].HOJA DE DATOS CONTROLADOR - T6963C,  
<http://www.futurlec.com/LED/LCD240X128.shtml>

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

AES:AdvancedEncryption Standard – Estándar de Encriptación Avanzado  
 ADSL:Asymmetric Digital Subscriber Line - Línea de Abonado Digital Asimétrica  
AJAX:Asynchronous JavaScript And XML – JavaScript asíncrono y XML  
 API:AplicationProgramming Interface - Interfaz de programación de aplicaciones  
 APL:ApplicationLayer – Capa Aplicación  
 AT:Attention - Atender  
 BDD: Base de Datos  
 Broadcast: Difusión  
 CCA: Clear ChannelAssessment – Evaluacion del canal vacío  
 CISC:ComplexInstruction Set Computer - Computadora de Conjunto de Instrucciones Complejo  
 CPU: Unidad Central de Proceso  
 ED:EnergyDetection – Deteccion de Energía  
 EE:EncryptionEnable – Encriptacion Activada  
 EO:EncryptionOptions – Opciones de Encriptación  
 E/S: Entrada Salida  
 GLCD:GraphicLiquidCrystalDisplay - Pantalla Gráfica de Cristal Líquida  
 GLP: Gas Licuado de Petróleo  
 GND:Ground – Tierra  
 IDE:IntegratedDevelopmentEnvironment - Entorno integrado de desarrollo  
 IEEE:Institute of Electrical and ElectronicsEngineers - Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos  
 IIS: Internet Information Server – Servidor de Información de Internet  
 IP: Protocolo de Internet  
 ISM: Industrial, Scientific and Medical – Industrial, Científica y Medica  
 JAR: Java Archive – Arcivo de Java  
 JRE: Java RuntimeEnvironment, - Entorno en Tiempo de Ejecución de Java  
 JSF: Java Server Faces  
 Kbps:Kilobites por segundos  
 LDR:lightdependent resistor – Resistencia dependiente de luz  
 Mesh: Malla  
 NWK: Network Layer – Capa de Red  
 OSI: Open SystemInterconnection - Interconexión de Sistemas Abiertos  
 PAN: Personal Area Network - Red de área Personal



PCB:PrintedCircuitBoard – Placa de Circuito Impreso

PDA: Personal Digital Assistant – Asistente Digital Personal

PHP:Hypertext Pre-Processor Pre Procesador de Hipertexto

RISC:ReducedInstruction Set Computer - Computadora con Conjunto de Instrucciones Reducido

SISC: Computadores con Conjunto de Instrucciones Específicas

SMS: Servicio de mensajes cortos Short MessageService

SQL:structuredquerylanguage - Lenguaje de consulta estructurado

TTL: transistor-transistor logic – Lógica Transistor Transistor

USB: Universal Serial Bus – Bus Serial Universal

VCC: Voltaje en corriente directa

Vin: Voltaje de entrada

Vout: Voltaje de Salida

WiFi:WirelessFidelity

ZDO:ZigbeeDeviceObjects – Dispositivo de Objeto Zigbee

# ANEXOS

## ANEXO 1. ANÁLISIS FODA

[illegible]

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA MATRIZ FODA		
	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	1. Presentación confiable de reportes de monitoreo.	1. Adaptación de los operadores al nuevo modelo de información.
	2. Implementación de prácticas y de procedimientos.	2. Falta de capacitación sobre la nueva normativa del manejo de la información.
	3. Sistematización y automatización de la data.	3. Deficiencia en la interpretación de la información.
OPORTUNIDADES	ESTRATEGIA FO	ESTRATEGIA DO
1. Armonización y adopción de procedimientos actualizados	Revelar la información de manera confiable y comprensible (F1, F3, O1, O3).	Capacitarse en la adaptación de una nueva información (D1, D2, O2)
2. Implementación práctica de estándares.	Preparar y presentar estados financieros para usos local e internacional (F1,F3,O3)	La El área operativa lograría mayor representatividad y manejo de nuevas tendencias y podría especializarse y ser mejor remunerada. (D1, D2, O3)
3. Favorecer la comparabilidad e información para solventar el emprendimiento y desarrollo de un proceso		
	Mejorar la imagen internacional del país, deteriorada al estar considerado como uno de los países más corruptos de la región. (F3, O1, O3)	

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA MATRIZ FODA
--

	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
	1. Presentación confiable de reportes de monitoreo	1. Adaptación de los operadores al nuevo marco referencial
	2. Implementación de prácticas y procedimientos.	2. Falta de capacitación sobre la nueva normativa del manejo de la información.
	3. Sistematización y automatización de la data.	3. Deficiencia en la interpretación de la información.
<b>AMENAZAS</b>	<b>ESTRATEGIA FA</b>	<b>ESTRATEGIA DA</b>
<b>1. El impacto de la tecnología de la información</b>	Los jefes de las áreas implicadas de control también deberán dominar las normas establecidas para poder ejercer una supervisión apropiada y emitir recomendaciones oportunas y eficaces (F2, F3, A2)	Las universidades deben incluir en sus pensum académicos áreas de estudio e investigación de tecnologías. (D2, D3, A1, A2)
<b>2. Mal manejo de cambios que implican diferencias con las normas de información</b>		Permitir a la profesión de sistemas una evolución muy importante, con enfoque internacional logrando un nivel de conocimiento y normatividad moderna de uso mundial (D1, D2, A1)
<b>3. Carencia de políticas claras entre los diferentes órganos de control</b>	Las áreas involucradas, principalmente sistemas y operaciones podrán disponer de información y notas más fiables para el cruce de información institucional (F3, F5, A3, A4)	Difundir oportunamente la nueva normativa para que los profesionales de sistemas y afines tengan acceso rápido y un mejor conocimiento (D4, A2, A3)



## ANEXO 2

### Configuración de seguridad en los módulos xbee serie 2

La configuración de seguridad de la red ZigbeeMesh es muy importante para garantizar el acceso solo de usuarios autorizados y de esta manera prevenir ataques de individuos infiltrados en nuestra red que podrían ocasionar graves daños en el sistema.

Activar el modo encriptación y proporcionar una clave AES, para que los datos que viajen en esta red sean entendidos solo por los nodos que estén en el mismo canal , compartan el mismo PANID y tengan la clave AES.

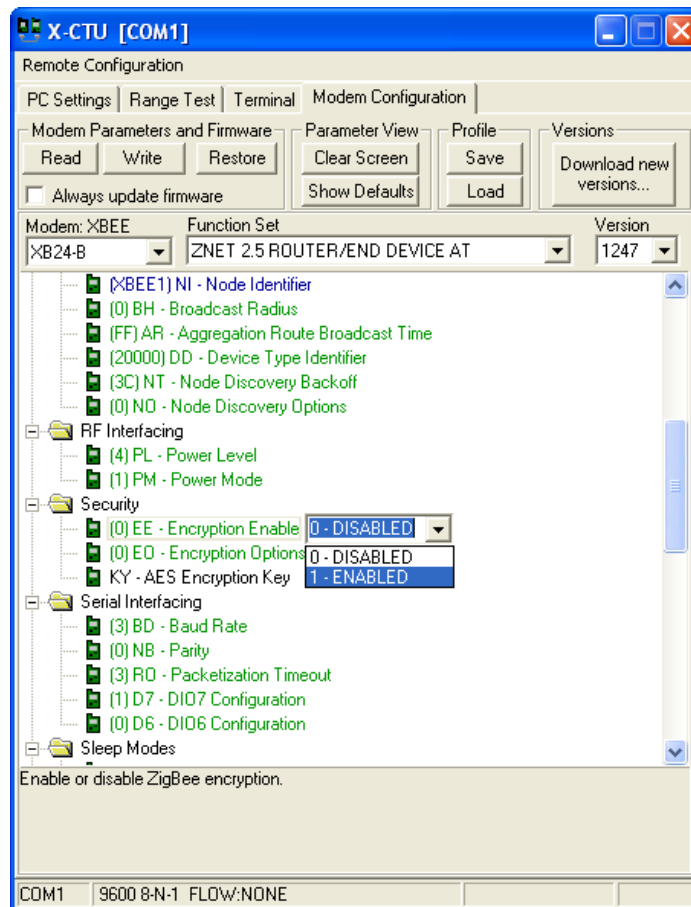


Figura 4.1. Parámetros de configuración de seguridad inalámbrica ZNET

Fuente: Autores tesis

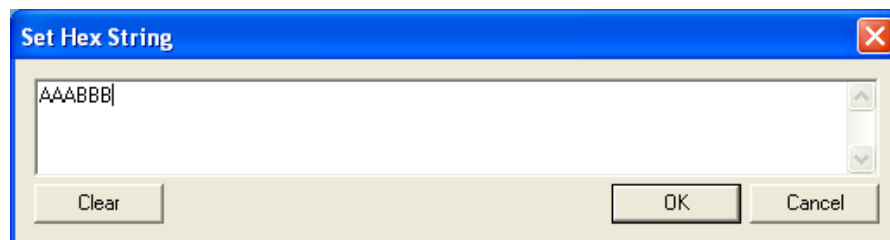


Figura 4.2. Clave AES

Fuente: Autores tesis

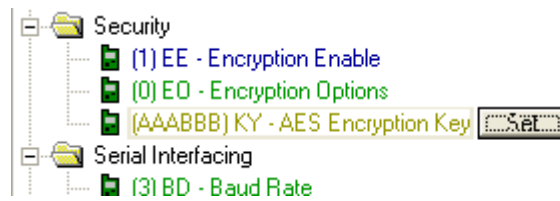


Figura 4.3. Parámetros de seguridad configurados

Fuente: Autores tesis

Clic en write para que los cambios se guarden correctamente.

Configuración de seguridad por medio de comandos AT.

+++OK

ATEE 1 // Activa la encriptación

OK

ATKY AAABBB // Clave de encriptación AES

OK

ATWR

OK

ATCN

OK



## ANEXO 3

### Configuración XTU

Estos son los pasos posibles para realizarlos por medio de comandos AT con la ayuda del Hyperterminal sin la necesidad de XCTU, para facilidad se usa este software.

```
+++ OK           // Pone al Xbee en Modo comandos AT
ATID 1A2B        // Cambia el PAN ID
OK
ATNICOORD // Nombre del Nodo
OK
ATWR            // Guarda cambios hechos WRITE
OK
ATCN           // Sale del modo comando AT
OK
```

### Configuración del Router o dispositivo final

Para realizar una red Mesh se utiliza la función “ZNET 2.5 ROUTER/END DEVICE AT” para configurar el XbeeRouter o dispositivo final.

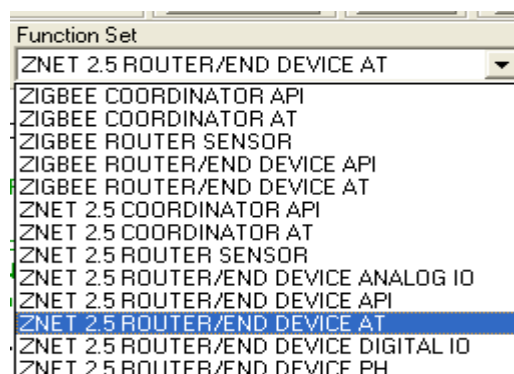


Figura 3.1. Configuración de funciones Xbee

Fuente: Autores tesis

Los parámetros DH Y DL corresponden a SH Y SL del coordinador, con esta configuración el Router se comunicara con el coordinador asignado.

Se configura el Router bajo estos parámetros:

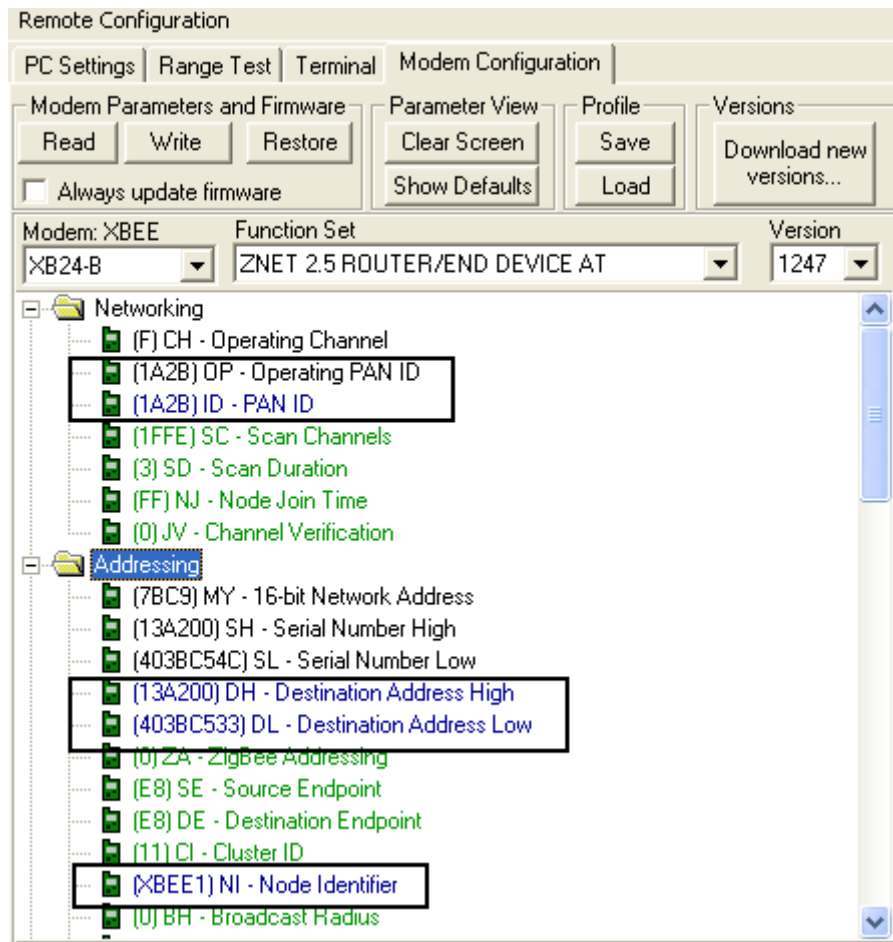


Figura 3.2. Parámetros para configurar el Router o enddevice

Fuente: Autores tesis

Note que los parámetros DH Y DL corresponden a SH Y SL del coordinador, con esta configuración el Router se comunicara con el coordinador asignado.

En este caso copiar los parámetros se hace un poco difícil por lo que el uso de comandos AT facilita mucho este trabajo.

+++OK

ATNI XBEE1 // Nombre del Router

OK

ATND // Comando para descubrir los nodos en el PAN ID

0000

0013A200

403BC533

COORD

FFFE

00

00

C105

101E

ATDN COORD // Relaciona el coordinador con el Router

OK

ATWR

OK

ATCN

OK

Para verificar que los nodos Router y coordinador sí establecen comunicación entre sí, usando el terminal del XCTU se digita cualquier caracter, si todo está correctamente configurado en el terminal del coordinador se visualizará lo que el Router escribe y viceversa.

## ANEXO N°. 4

### Construcción del Software para el Microcontrolador

Se agregar la librería modedefs.bas para usar los controles de transmisión serial “serout”, se define el oscilador con el que se va a trabajar “OSC”, además se configura el conversor análogo digital “ADC” para realizar la lectura de los sensores de temperatura, humedad, ultrasonido y nivel.

```
DEVICE HS_OSC
```

```
INCLUDE "MODEDEFS.BAS"
```

```
DEFINE OSC 20
```

```
DEFINE ADC_BITS 10      ' Set number of bits in result
```

```
DEFINE ADC_CLOCK 3      ' Set clock source (rc = 3)
```

```
DEFINE ADC_SAMPLEUS 50
```

```
ADCON1=2
```

En la siguiente instrucción se indica que el puerto “A” es analógico

```
TRISA=255
```

Todo el puerto “A” es entrada a los sensores

```
US VAR BYTE
```

Variable de tipo Byte para el sensor de Ultrasonido

```
HUM VAR WORD
```

Variable de tipo WORD para el sensor de Humedad

```
TEMP VAR WORD
```

Variable de tipo WORD para el sensor de Temperatura

```
DATO2 VAR WORD
```

```
NIVEL VAR PORTC.2
```

Sensor de nivel que está conectado al puerto C.2

```
ST VAR BYTE
```

Variable de estado

```
RELE var portc.0
```

Indico que el relé está conectado al puerto C.0

```
SENS VAR BYTE
```

Declaro una variable

```
SENS=66
```

```
HIGH PORTC.1
```

Tengo un led el cual mando a encender

PAUSE 100

LOW PORTC.1

INICIO:

ADCIN 0,DATO2

DATO2=DATO2/49

US=DATO2 ;SENSOR US

Lee el canal 0 y mediante la fórmula ingresada me transforma a distancia

ADCIN 1,TEMP

TEMP=TEMP/64

TEMP=TEMP\*5/102

TEMP=TEMP-4

Lee el canal 1 y mediante la fórmula ingresada me transforma a temperatura

ADCIN 2,HUM

HUM=HUM/64

HUM=(HUM-200)/5

Lee el canal 2 y mediante la fórmula ingresada me transforma a humedad

IF NIVEL=0 THEN

ST=1

LOW RELE

ELSE

ST=0

HIGH RELE

ENDIF

Se realiza la lectura del sensor de nivel, cuando está lleno me envía el valor de uno y cuando esta en cero esta vacía, de esta manera puedo controlar el nivel del tanque, activando la bomba de agua.

HIGH PORTC.1

SEROUT PORTC.6,T9600,["a-b-c", " ",SENS," D:",#DATO2," T:",#TEMP,"  
H:",#HUM," N:",#ST,10,13]

Se hace el envío de datos seriales para el ZigBee por el “SEROUT”, se especifica el pin de salir, a qué velocidad y los datos que va a enviar.

PAUSE 1000

LOW PORTC.1

PAUSE 1000

GOTO INICIO

El proceso se realiza cíclicamente, todo el tiempo está leyendo los datos de los sensores y transformando en valores que se puedan interpretar para su posterior análisis.

## **ANEXO 5.**

## CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ

Declaración de Variables

Option Explicit

Dim m\_pos As Integer

Dim st As Integer

Dim aux1 As Integer

Dim aux3 As Integer

Dim aux2 As Integer

Dim a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l As String

Dim x, y, v, w, r, s, t, pr, ps, pt As Integer

Abre el Puerto y se inicializa variables

Private Sub Form\_Load()

st = 0

MSComm1.PortOpen = True

y = 98

v = 98

w = 98

r = 2

s = 2

t = 2

x = 0

End Sub

Lee el Puerto serial RS 232 e imprime en la caja de texto toda la información que llega de los módulos, esta acción se la realiza cada 500 milisegundos.

Private Sub Timer1\_Timer()

Text1.Text = ""

Text1.Text = MSComm1.Input

End Sub

Se inicializa el Timer2, busca la cadena del Xbee XA:, XB: y XC:,

Private Sub Timer2\_Timer() 'GRABAR BD

If st = 0 Then

Call buscar\_cadenaa(1)

```

End If
If st = 1 Then
Call buscar_cadenab(1)
End If
If st = 2 Then
Call buscar_cadenac(1)
End If
If st = 3 Then
Call restar
Call grabar
End If
End Sub

```

Se discrimina el número del texto para luego mandar a graficar las ondas.

```

Sub restar()
a = (Left(Text2.Text, 7))
b = (Right(a, 2))
Text9.Text = b
Varía en relación al tiempo y se grafica
y = Val(b)
c = (Left(Text7.Text, 7))
d = (Right(c, 2))
Text10.Text = d
Varía en relación al tiempo y se grafica
v = Val(d)

e = (Left(Text8.Text, 7))
f = (Right(e, 2))
Text11.Text = f
Varía en relación al tiempo y se grafica
w = Val(f)

g = (Left(Text2.Text, 12))
h = (Right(g, 2))

```



```
Text14.Text = h
```

Varía en relación al tiempo y se grafica

```
r = Val(h)
```

```
i = (Left(Text7.Text, 12))
```

```
j = (Right(i, 2))
```

```
Text13.Text = j
```

Varía en relación al tiempo y se grafica

```
s = Val(j)
```

```
k = (Left(Text8.Text, 12))
```

```
l = (Right(k, 2))
```

```
Text12.Text = l
```

Varía en relación al tiempo y se grafica

```
t = Val(l)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer3_Timer()
```

```
Text5.Text = Date
```

```
Text6.Text = Time
```

```
Text9.Text = b
```

```
Text10.Text = d
```

```
Text11.Text = f
```

```
Text14.Text = h
```

```
Text13.Text = j
```

```
Text12.Text = l
```

```
End Sub
```

Se organiza los datos para tener organizado, y enviar a la base, y a continuación se inicializa la variable para que empiece a leer nuevamente los datos.

```
Sub grabar()
```

```
st = 0
```

```
Text3.Text = Text5.Text
```

```
Text4.Text = Text6.Text
```

```
Combo1.AddItem Text2.Text
```

```

Data1.Recordset.AddNew
Data1.Recordset.Update
Data1.Refresh
Data1.Recordset.AddNew
'MsgBox "Registro creado con exito"
End Sub

```

Si es la primera que se ejecuta, busca XA, y manda a visualizar en la caja de texto.

```

Sub buscar_cadenaA(ByVal Posicion As Integer)
Dim p As Integer, Frase1 As String
Frase1 = "XA"
p = InStr(Posicion, Text1, Frase1)

```

```

If p > 0 Then

```

```

    m_pos = p

```

```

    With Text1

```

```

        .SelStart = m_pos - 1

```

```

        .SelLength = Len(Frase1)

```

```

        .SetFocus

```

```

    End With

```

Se incrementa en uno para que la siguiente vez busque XB, y manda a visualizar en la caja de texto.

```

    st = 1

```

```

'MsgBox "FRASE ENCONTRADA", vbInformation

```

```

Text2.Text = ""

```

```

Text2.Text = Text1.Text

```

```

Text1.Text = ""

```

```

Else

```

```

'MsgBox "No se encontró la frase", vbInformation

```

```

'Text1.SetFocus

```

```

End If

```

```

End Sub

```

Si es la segunda vez que se ejecuta, busca XB, y manda a visualizar en la caja de texto

```

Sub buscar_cadenaB(ByVal Posicion As Integer)

```

```
Dim p As Integer, Frase1 As String
```

```
Frase1 = "XB"
```

```
p = InStr(Posicion, Text1, Frase1)
```

```
If p > 0 Then
```

```
    m_pos = p
```

```
    With Text1
```

```
        .SelStart = m_pos - 1
```

```
        .SelLength = Len(Frase1)
```

```
        .SetFocus
```

```
    End With
```

```
'MsgBox "FRASE ENCONTRADA", vbInformation
```

```
Text7.Text = ""
```

```
Text7.Text = Text1.Text
```

```
Text1.Text = ""
```

```
Se incrementa en uno para que la siguiente vez busque XC
```

```
st = 2
```

```
Else
```

```
'MsgBox "No se encontró la frase", vbInformation
```

```
'Text1.SetFocus
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Sub buscar_cadenac(ByVal Posicion As Integer)
```

```
Dim p As Integer, Frase1 As String
```

```
Frase1 = "XC"
```

```
p = InStr(Posicion, Text1, Frase1)
```

```
If p > 0 Then
```

```
    m_pos = p
```

```
    With Text1
```

```
        .SelStart = m_pos - 1
```

```
        .SelLength = Len(Frase1)
```

```

.SetFocus
End With
st = 3
'MsgBox "FRASE ENCONTRADA", vbInformation
Text8.Text = ""
Text8.Text = Text1.Text
Text1.Text = ""
Else
'MsgBox "No se encontró la frase", vbInformation
'Text1.SetFocus
End If
End Sub

```

Grafica en la función “Pictures” y controla el estado para que empiece nuevamente a graficar.

```

Private Sub Timer4_Timer()
Se incrementa cada 200 milisegundos para graficar puntos
x = x + 1
pr = 66 - r
ps = 66 - s
pt = 66 - t

```

```

Picture2.PSet (x, y)
Picture3.PSet (x, v)
Picture4.PSet (x, w)
Picture7.PSet (x, pr)
Picture6.PSet (x, ps)
Picture5.PSet (x, pt)

```

```

If x >= 350 Then
Picture2.Cls
Picture3.Cls
Picture4.Cls
Picture5.Cls

```

Picture6.Cls

Picture7.Cls

x = 0

End If

End Sub